

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

Профиль – Энергосберегающие режимы работы электрических источников питания, комплексов и систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Электромагнитная установка активации нефти мини-НПЗ

УДК 621.318.3:665.7.097.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Рындин Илья Анатольевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данекер В.А.	к.т.н., с.н.с.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Бородин Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Отделение электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ) инженерной школы энергетики (ИШЭ)	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа энергетики

Направление – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение/НОЦ Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Ю.Н. Дементьев
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ5А	Рындин Илья Анатольевич

Тема работы:

Электромагнитная установка активации нефти мини-НПЗ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Установка подготовки нефти для переработки на мини-НПЗ: 1. Напряжение сети электропитания: 3-фазн.. 220/380 В, 50 Гц. 2. Регулирование напряжения и частоты питающего напряжения.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Обзор технической литературы, содержащий описание оборудования, применяемого для подготовки нефти к переработке. 2. Конструирование узла виброобработки, разработка конструкции установки. 3. Разработка математической модели виброактиватора. 4. Анализ режимов работы виброактиватора. 5. 4. Выбор элементов силовой схемы подключения виброактиватора.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Общий вид установки 2. Лист магнитопровода 3. Активатор 4. Пружина 5. РВС-1000
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	

Раздел	Консультант
<i>Основной обций и специальный разделы ВКР</i>	<i>Научный руководитель Данекер В.А.</i>
<i>Экономическая часть ВКР</i>	<i>Фигурко А.А.</i>
<i>Раздел экология и техника безопасности</i>	<i>Бородин Ю.В.</i>
<i>Раздел на иностранном языке</i>	<i>Соколова Э.Я.</i>
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
<i>Основная и специальная части, «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность» – русский язык</i>	
<i>На иностранном языке выполнены следующие разделы диссертации:</i>	
<i>едение</i>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Данекер В.А.	к.т.н., с.н.с.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Рындин И.А.		

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	7
ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕРАБОТКИ НЕФТИ	10
1.1 Мини – нефтеперерабатывающие заводы	10
1.2 Классификация установок НПЗ	11
1.3 Методы повышения выхода светлых нефтепродуктов	14
мини-нефтеперерабатывающих заводов	14
1.3.1 Кавитационные технологии	14
1.3.2 Технология Линас, используемая на мини-НПЗ	15
1.4 Технология ВСМА	19
1.5 Перспективы применения технологий ВСМА в процессах	22
переработки нефти на мини-НПЗ	22
1.7 Мини-НПЗ в Томской области	25
ГЛАВА 2. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ВСМА	26
2.1 Единичный рабочий МВО	26
2.2 Конструирование и расчет параметров электромагнита	27
2.3 Расчёт производительности активации для мини НПЗ	29
2.4. Основные размеры активатора и сердечника магнитопровода	30
2.5 Электрические параметры обмоток электромагнита МВО	33
2.6 Расчет массы активатора	34
2.7 Расчет пружинного подвеса активатора	38
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	41
УСТАНОВКИ	41
3.1 Электрическая схема замещения контуров установки	41
3.2 Система уравнений установки	43
3.2.1 Уравнения для электрических контуров	43
3.2.2 Алгоритм расчёта системы дифференциальных уравнений	46
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОДУЛЯ ВСМА	48
4.1 Определение резонансной частоты при колебаниях,	48
не превышающих начальный зазор	48
4.2 Корректировка величины начального зазора	52

4.3 Анализ режима работ для других марок стали.....	55
ГЛАВА 5. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	
УСТАНОВКИ	66
5.1 Схема подключения	66
5.2 Выбор преобразователя частоты	66
5.3 Выбор диодов	68
5.4 Выбор автоматического выключателя.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	86

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 24 рисунка, 15 таблиц, 22 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: ВСМА, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, АКТИВАТОР, РЕЗОНАНС, ВЯЗКОСТЬ, ТИКСОТРОПНАЯ ЖИДКОСТЬ.

Цель работы – разработка электропривода установки для подготовки нефти к переработке и выбор необходимого оборудования.

В работе произведены оценка производительности установки, математическое моделирование режимов работы установки при использовании различных видов стали, разработка конструкции с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

На основе математической модели с помощью программы MATHCAD 15 произведены расчеты режимов работы электропривода установки подготовки нефти к переработке, на базе которых разработаны практические рекомендации для условий её эксплуатации.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

ВВЕДЕНИЕ

Жидкость в окружающем нас мире встречается повсеместно. Свойства жидкостей знакомы каждому и любой человек, взаимодействующий с ними, в той или иной степени может предугадать, как поведет себя какая-либо жидкость в конкретной ситуации. Жидкости, свойства которых мы привыкли наблюдать в ежедневном использовании, подчиняются закону Ньютона, называются ньютоновскими. Однако есть и другие жидкости, которые не поддаются законам указанных жидкостей, эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них различных физических факторов, причем не только механических воздействий, но и других, таких как электрических, магнитных, волновых и т.д. Такие жидкости правильней отнести к системам и называть неньютоновскими. При физических воздействиях вязкость таких жидких систем (ЖС) может меняться в десятки раз с определёнными свойствами восстановления первоначальных значений.

Такие ЖС играют важную роль во многих технологических процессах. Особенности их применения во многом определяются их свойствами. Свойства ЖС могут быть естественными или специально создаваемыми. Для последних применяются многообразные устройства, в основе работы которых лежит использование физико-химических воздействий различной природы.

Основные усреднённые эксплуатационные параметры обобщённого мини НПЗ:

- поступающая на переработку нефть имеет среднюю плотность 950 кг/м³ и среднюю вязкость;
- годовая производительность переработки нефти составляет не менее 200 тонн.

Целью настоящей работы: является разработка ресурсоэффективного оборудования ВСМА предварительной обработки нефти для увеличения выхода светлых фракций на мини НПЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить требуемую производительность активации нефти мини НПЗ;
- разработать оборудование ВСМА (конструкцию) для обеспечения требуемой производительности активации нефти;
- разработать математическую модель устройства ВСМА и провести оптимизацию работы устройства ВСМА с целью повышения ресурсоэффективности;
- на основе анализа работы оборудования ВСМА для мини НПЗ разработать рекомендации для практического применения спроектированного оборудования ВСМА;
- разработать схему электрического подключения спроектированного оборудования ВСМА в технологическом процессе мини НПЗ.

Одним из нововведений данной работы является – рассмотрение вопроса о влиянии марок стали магнитопровода на работу устройства ВСМА и производительность активации.

ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Основная ценность нефти заключается в продуктах ее переработки: топливах, смазочных материалах, пластмассах и многих других. Для их получения нефть подвергается сложному комплексу операций с общим названием нефтепереработка. О ней и пойдет речь в данном разделе.

Переработка нефти - комплекс процессов, которым подвергается нефтяное сырье, с целью получения различных видов нефтепродуктов.

Нефтепереработка включает в себя следующие основные стадии:

- подготовка нефти к переработке
- первичная переработка нефти
- вторичные процессы переработки нефти
- компаундирование

Подготовка нефти к переработке

Первым делом добытая нефть проходит процесс первичной сепарации - очистки от нефтяного газа, воды и механических примесей. Этот процесс, в том числе, подготавливает нефть к транспортировке на нефтеперерабатывающий завод.

На нефтеперерабатывающем заводе нефть проходит дополнительную очистку от механических примесей, а также подвергается процессу обессоливания.

1.1 Мини – нефтеперерабатывающие заводы

Мини-НПЗ (малотоннажный нефтеперерабатывающий завод) - это производственный комплекс, включающий в себя нефтеперегонную установку с объемом переработки сырья до 150 000 тонн в год, емкостный и насосный парк, сливо-наливные эстакады, котельную, систему спутникового обогрева трубопроводов, здания и сооружения для размещения персонала и оборудования, системы управления технологическими процессами, системы противоаварийной защиты, факельную установку, системы надежного

энергообеспечения, системы сбора и утилизации промышленных отходов, ремонтную службу, установку пожаротушения, лабораторию контроля качества продукции. Мини-НПЗ относится к особо опасным промышленным объектам.

Нефтеперегонная (нефтеперерабатывающая) установка - установка, на которой производится атмосферная перегонка сырой нефти, газового конденсата или другого углеводородного сырья с получением 2-3 топливных фракций (бензин, дизельное топливо, мазут).

Промышленная безопасность опасных производственных объектов - состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

Авария - разрушение сооружений и/или технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и/или выброс опасных веществ.

Взрыв - быстропротекающий процесс высвобождения внутренней энергии, создающий избыточное давление; взрыв может происходить с горением или без него.

Сертификация продукции - процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя и покупателя организация удостоверяет, что продукция соответствует установленным требованиям. Сертификация осуществляется в целях:

- содействия покупателям в компетентном выборе продукции;
- защиты покупателя от недобросовестного изготовителя;
- контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества.
-

1.2 Классификация установок НПЗ

Установки, предлагаемые на российском рынке, можно условно разделить на три класса.

Первый класс – стоимость до 1 500 000-2 400 000 рублей.

Установки такого типа представляют собой простой перегонный куб. Процесс перегонки нефти ведется в периодическом режиме. В куб заливают порцию нефти, нагревают его открытым огнем. Пары светлых фракций - сначала прямогонный бензин, затем дизтопливо - отводят по длинной трубе, которая одновременно является воздушным холодильником. Затем установку охлаждают, остаток перегонки (мазутная фракция) сливается из куба, как правило, используемый в качестве котельного топлива.[1]

Выход продукции в процентном соотношении:

Бензин прямогонный – до 20%

Дизельное топливо – до 40%

Мазут – до 40%

Качество получаемых фракций крайне низкое. Это самый дешевый и недолговечный вариант установки, несущий высокую экологическую нагрузку.

Статус установки - нелегальный.

Второй класс - простейшие нефтеперегонные установки непрерывного действия, работающие по принципу фракционирования нефти.

Производительность до 10-20 тысяч тонн нефти в год.

Стоимость от 4 800 000 до 9 000 000 рублей. По сути, это перегонные кубы, в которых производится несколько циклов испарения и конденсации паров нефти. Иногда предпринимаются попытки оснастить такие установки неким подобием ректификационных колонн. Но это только внешнее сходство, не имеющее отношения к внутренней сути работы колонны. Такие установки могут иметь перекачивающие насосы и холодильники, нагрев сырья производится с помощью мазутной или дизельной горелки.

Существуют различные варианты удешевления поставки:

- аппараты выполняются из дешевой конструкционной стали с рабочим ресурсом 1-2 года;
- комплектация водоохлаждаемыми холодильниками;

- отсутствие автоматического регулирования.

Покупатель может получать комплект аппаратов без трубопроводов и без арматуры, или арматура поставляется дешевая водопроводная, а трубы сварные шовные. Все это категорически запрещено в нефтепереработке из соображений промышленной безопасности.

Все проблемы по обвязке, доукомплектованию и запуску установки, как правило, приходится решать самому покупателю. Установки такого типа могут работать только в теплом климате.

Статус установки - полулегальный. То есть такие установки не могут быть допущены к постоянной эксплуатации из соображений промышленной безопасности региональными органами Госгортехнадзора и/или органами надзора за качеством нефтепродуктов. Покупатель может организовать работу установки только на свой страх и риск, не имея никаких перспектив полностью легализовать свою работу.

Главный недостаток данного класса установок – малый выход бензина (не превышает (20-25) %).

Третий класс - промышленные малотоннажные нефтеперегонные установки.

Производительность от 10 до 150 тысяч тонн нефти в год.

Стоимость от 24 000 000 рублей и более.

Установки этого класса выполняются в соответствии со всеми нормами промышленной безопасности и имеют соответствующие разрешения на выпуск и применение, выдаваемые Федеральным Госгортехнадзором России. С органами Госстандарта проводятся работы по сертификации. То есть имеют они легальный статус.

Такие установки оснащены настоящими ректификационными колоннами, позволяющими получать качественные топливные фракции (прямогонный бензин, дизтопливо, мазут). Все аппараты и трубопроводы выполняются из специальных легированных сталей, проходят рентгенографический контроль и другие виды спецконтроля. Это гарантирует

высокую надежность и безопасность работы в любых климатических условиях.

Срок службы основного оборудования не менее 10 лет. Установки комплектуются сертифицированным покупным оборудованием и арматурой, системами автоматики и противоаварийной защиты.

1.3 Методы повышения выхода светлых нефтепродуктов мини-нефтеперерабатывающих заводов

1.3.1 Кавитационные технологии

Нефть – высокомолекулярная, гетерогенная жидкость, молекулы которой при атмосферном давлении и нормальной температуре сложно ориентированы. При приложении к нефти внешнего давления в несколько сот атмосфер молекулы поляризуются, противодействуя внешним силам и сохраняя равновесие системы. Если внешнее давление резко снять, то внутренние силы начнут разрывать макромолекулы на более мелкие составляющие, причем, плотность продукта уменьшается. Этот принцип положен в основу обработки нефти с целью изменения ее структуры.

На сегодняшний день наиболее качественной является обработка нефти кавитационным оборудованием [2].

Кавитация – это образование разрывов сплошности жидкости в результате местного спада давления. Если снижение давления происходит вследствие больших локальных скоростей в потоке движущейся капельной жидкости, то кавитация считается гидродинамической, а если вследствие прохождения в жидкости акустических волн, – акустической.

Эффект кавитации сопровождается микровзрывами, ультразвуком, а также механическими срезами и соударениями при воздействии сотен режущих пар,двигающихся навстречу друг другу с высокой линейной

скоростью. Величина этой скорости составляет несколько десятков метров в секунду, что дает возможность разрезать диспергируемые вещества на мельчайшие микрочастицы. Фактически это микроимпульсы. За одну минуту возникают сотни тысяч микроимпульсов.

В основе многих процессов переработки нефти и нефтяных остатков лежат фазовые переходы, характерные для нефтяных дисперсных систем. Воздействовать на кинетику фазовых переходов можно химическими веществами и физическими полями. В результате такого вмешательства изменяется радиус ядра и толщина адсорбционно-сольватной оболочки сложной структурной единицы, которая является элементом нефтяной дисперсной системы. Это позволяет увеличить выход целевых нефтепродуктов, улучшить их качество, снизить энергозатраты.

Экспериментальные исследования воздействия колебаний при прохождении через ультразвуковой кавитатор нефти показали следующие результаты:

Кавитационная обработка позволяет увеличить выход фракций при одинаковой температуре отгона.

Отсюда можно сделать вывод, что гидродинамика и создаваемые ею ультразвуковые колебания ускоряют диффузию нефти в полости парафина, интенсифицируют процесс его разрушения. Ускорение растворения парафина идёт за счёт интенсификации перемешивания нефти на границе нефть-парафин и действия импульсов давления, которые как бы разбрызгивают частицы парафина [3].

1.3.2 Технология Линас, используемая на мини-НПЗ

Современные малые и мини НПЗ Линас - это новая экономика и новые технические возможности [4].

Установки компании ЛИНАС относятся к третьему классу промышленных малотоннажных нефтеперегонных установок и характеризуются высокой четкостью ректификации, надежностью и

адаптированностью к эксплуатации в различных условиях, значительным перечнем сервисных услуг.

Например, ректификационная колонна обладает практическими показателями четкости ректификации по величине температурного интервала между температурой выкипания 95% фракции прямогонного бензина и температурой выкипания 5% фракции дизельного топлива.

Оснащаются АСУТП и ПАЗ высоконадежными сертифицированными контроллерами и комплектующими компании СИМЕНС. На экране монитора компьютера отображаются мнемосхемы установки со всеми технологическими параметрами, срабатывание систем автоматизации и сигнализации, протоколы состояния параметров технологического процесса в графической и табличной формах, и многие другие функции.

Импортные горелки, оснащенные системами самотестирования исправности и автоматическим пуском, значительно повышают надежность во время пуска и эксплуатации.

Применение центробежных герметичных бессальниковых насосов, по сравнению со всеми другими видами насосов, придает установке повышенную степень пожаровзрывозащищенности.

Установки комплектуются импортной стальной герметичной трубопроводной арматурой, не требующей обслуживания во время всего срока ее эксплуатации.

Установки оснащены стационарными системами автономного спутникового подогрева трубопроводов и емкостей.

Конструкция топки и трубчатого испарителя предусматривает применение стандартных труб вместо змеевика, требующего ежегодной дорогостоящей замены.

На установках компании ЛИНАС используются следующие природоохранные инженерные решения:

- дренажный самотечный сбор жидких отходов;
- высокотемпературное обезвреживание сточной воды;

- высокотемпературное сжигание неконденсирующегося прямогонного газа;
- использование горелок с пониженным содержанием в выбросах окислов азота;
- использование дизельного топлива, имеющего более низкое содержание серы, чем мазут или нефть;
- исключение воды для охлаждения из технологического цикла.

При перегонке нефтяного сырья на колонне с повышенной четкостью деления фракций становится возможным увеличить выход дизельной фракции на 5...10% от общей производительности установки в зависимости от состава сырья.

Качество продуктов, получаемых на ректификационной колонне, определяется четкостью деления между фракциями исходного сырья. Чем выше и эффективнее колонна, тем большую четкость деления она имеет.

Нефть является многокомпонентной смесью, которая состоит из большого количества веществ с различными температурами кипения. В процессе разделения в ректификационной колонне они группируются по целевым фракциям. При этом вещества с близкими температурами кипения попадают в зону перекрытия между соседними фракциями. Чем выше четкость деления в ректификационной колонне, тем меньше близкокипящих веществ оказываются в зоне перекрытия соседних фракций. То есть граничные фракции содержат меньше близкокипящих веществ из соседних фракций, а температурная зона перекрытия фракций при этом сужается.

Одним из методов оценки четкости деления фракций является определение разности между температурами кипения 95% нижекипящей фракции и 5% вышекипящей фракции. Разность между этими значениями составляет зону перекрытия между фракциями

Уникальные свойства технологии Линас открывают новые возможности в нефтепереработке для малых НПЗ:

1. Увеличение глубины переработки нефтяного сырья уже на стадии первичной переработки без традиционного применения острого пара.
2. Увеличение степени отбора дизельной фракции на стадии первичной перегонки нефти в сравнении с традиционной технологией.
3. Получение узких фракций углеводородов, например, получение растворителей из прямогонного бензина, получение узких бензиновых фракций для вторичной переработки, получение узких дизельных фракций с заданными технологическими свойствами и т.п.
4. Получение двух боковых отборов с колонны - керосиновой и дизельной фракции.
5. Одностадийное получение качественного сырья для вторичных процессов, например, для получения высокооктановых бензинов.
6. Сокращение расходов на вторичные процессы за счет получения высококачественных первичных продуктов.

Характеристики качества дизельного топлива (летнего и зимнего), получаемого на мини-НПЗ Линас в сравнении с требованиями ГОСТа.

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что параметры получаемого дизельного топлива существенно перекрывают требования ГОСТа. По фракционному составу и температуре вспышки данное дизельное топливо удовлетворяет требованиям евро стандарта. Цетановое число получаемого дизельного топлива лежит в диапазоне 45-50 при требовании ГОСТа 45.

Наряду с объективными цифровыми показателями в пользу получаемого дизельного топлива говорят и субъективные оценки водителей, использующих данное топливо. Они наблюдали ощутимое увеличение мощности двигателя и его приемистости. Одновременно значительно уменьшилась дымность выхлопных газов. Даже по внешнему виду данное топливо отличается от обычного. Оно светлее и имеет более слабый желтый оттенок.

Можно совершенно определенно утверждать, что качество дизельного топлива, получаемого на мини-НПЗ Линас, является лучшим среди

отечественных мини-НПЗ и не уступает качеству дизельного топлива, получаемого на мини-НПЗ известных западных компаний. Причем все это достигается на одной ректификационной колонне необычайно компактных размеров. Высота колонны не зависит от мощности мини-НПЗ. Для мини-НПЗ Линас с годовой мощностью от 10 до 200 тысяч тонн высота ректификационной колонны одна и та же и равна 5,5 метров.

Ни один мини-НПЗ в мире не может показать вышеуказанные результаты при такой высоте ректификационной колонны. При всем этом установка имеет абсолютные рекордные показатели по промышленной безопасности, по эксплуатационным качествам и экономичности.

На основе конкретного промышленного опыта работы можно совершенно определенно рекомендовать всем организациям и компаниям, заинтересованным в производстве и продаже высококачественного дизельного топлива, обратить внимание на возможность приобретения мини-НПЗ Линас. Мини-НПЗ Линас дает определенные гарантии на производство высококачественного дизельного топлива при умеренных затратах и в обозримые сроки.

1.4 Технология ВСМА

Технология виброструйной магнитной активации (ВСМА) - это способ многокомпонентного физико-химического воздействия на сложные жидкие системы, применяемый для изменения их реологических свойств и получения требуемых параметров. Вибратор электромагнитный активационный предназначен для активации (перемешивания, разжижения, диспергации) нефтепродуктов, содержащих парафины, асфальтены и т.п., и других высоковязких жидкостей, обладающих тиксотропными свойствами [6].

В ОАО НПФ «Геофит» и Томском политехническом университете разработана оригинальная технология – технология виброструйной магнитной активации жидких сред и устройства ВСМА для обработки неньютоновских жидкостей. Активными факторами воздействия на жидкости являются

модулированная вибрация, как фактор разрушения, и турбулизированные затопленные струи, как фактор комплексный фактор разрушения и увеличения объема активации с преобладанием последнего.

Основой для конструкций различных устройств ВСМА является единичный модуль, представляющий собой электромеханическое устройство с широким диапазоном регулирования частоты и величины питающего напряжения. Уникальное сочетание факторов активации в одном устройстве и высокие удельные характеристики достигаются оригинальными конструкциями отдельных узлов модуля [5].

Оригинальная конструкция рабочих органов оборудования ВСМА обеспечивает наличие в среде замкнутых потоков жидкости, которые, в свою очередь, создают условия для многократного попадания отдельных порций нефти в зону активации.

Технология ВСМА перспективна для:

- создания виброактивационных скважинных снарядов для обработки призабойной зоны пласта, в том числе для увеличения нефтеотдачи;
- проектировки устройств для утилизации нефтеотходов и нефтешламов;
- создания высококачественных устройств для подготовки нефти к переработке, чтобы увеличить выход светлых фракций;
- создания установок для очищения насосно-компрессорных труб без их снятия и разбора;
- проектирования создания компактных и мобильных установок подготовки товарной нефти.

Наиболее продвинутым направлением более эффективного использования технологии ВСМА является использование ВСП для обработки высоковязких видов нефти для подготовки их к транспортировке путем снижения вязкости. При обработке нефти устройствами ВСМА снижение вязкости происходит в широком диапазоне температур.

ВСМА с определенной энергией в результате разрушения кристаллизационных структур приводит к значительному изменению структурно-вязкостных свойств нефти.

В основе работы устройства лежит принцип резонанса. От плотности и вязкости среды будут зависеть амплитуды и резонансные частоты, в следствии чего, частотные характеристики будут существенно отличаться

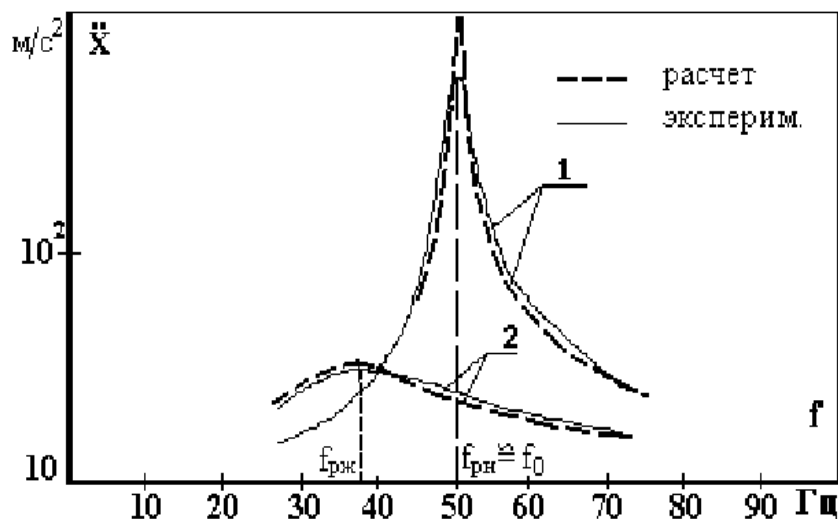


Рисунок 1.4.1. Частотные характеристики колебания активатора.

- 1 - частотная характеристика колебаний активатора на воздухе.
- 2 - частотная характеристика колебаний активатора в жидкости.

Одним из главных отличий устройств ВСМА является – работа в режиме, близком к резонансу. В таком режиме работы обеспечиваются максимальные показатели по производительности обработки, при этом затраты на электроэнергию – минимальны. На практике параметры и свойства обрабатываемых жидкостей не являются постоянными, так как происходит изменение компонентного состава. Следовательно, необходимо иметь возможность для регулирования частоты воздействия и все это в режиме, близком к резонансу. В данном случае будет использоваться преобразователь частоты, так как устройство ВСМА является электромагнитным.

В известных устройствах ВСМА для изготовления сердечника магнитопровода используется сталь марки Ст.3. С другой стороны, известно, что для электротехнических устройств рекомендуется использовать

специальные электротехнические стали. Следовательно, важно оценить возможность использования стали других марок для оптимизации работы устройства ВСМА с позиции ресурсоэффективности.

1.5 Перспективы применения технологий ВСМА в процессах переработки нефти на мини-НПЗ

Устройства и технология виброструйной магнитной активации жидких сред ВСМА обладают уникальной совокупностью воздействующих факторов, способных изменять физико-химические свойства обрабатываемых сред. Воздействующие факторы, достигнутые в устройствах ВСМА, характеризуются следующими численными значениями:

ускорение рабочего органа	- 100 g;
сдвиговая скорость	- $2,5 \cdot 10^4$
скорость затопленных струй	- 20 м/с
локальное знакопеременное давление	- ± 4 атм;
напряженность магнитного поля	- 10^6 А/м
магнитная индукция	- 1,4 Тл
диапазон частоты основного воздействия	- 0,1...100 Гц

Многочисленные лабораторные и натурные исследования влияния технологии ВСМА, проведенные в различных организациях нефтедобычи и нефтепереработки, свидетельствуют о существенном изменении свойств обработанной нефти как на макро, так и на микроуровнях. Исследованиями установлено, что у обработанной нефти, особенно у высокопарафинистой, в несколько раз падает вязкость, заметно уменьшается количество асфальтосмолоотложений. Кроме этого, отмечены изменения таких параметров обработанной нефти как: температура начала кипения, температура вспышки, температура застывания (замерзания).

Ниже приведены графики изменения параметров обработанной нефти в зависимости результатов отгонки от длительности обработки оборудованием ВСМА (рисунок 1.5.1). Температура начала кипения обработанной нефти в

течение первых 10 минут возрастает, а затем начинает уменьшаться. Особенности имеющейся лабораторной установки не позволяют улавливать легкие фракции, выделяющиеся в виброкипящем слое при работе установки в виде паров, что, очевидно, и сказывается на первоначальном возрастании температуры начала кипения. Дальнейшее уменьшение температуры начала кипения объясняется преобладанием уже деструктивных процессов с активным образованием легких фракций.

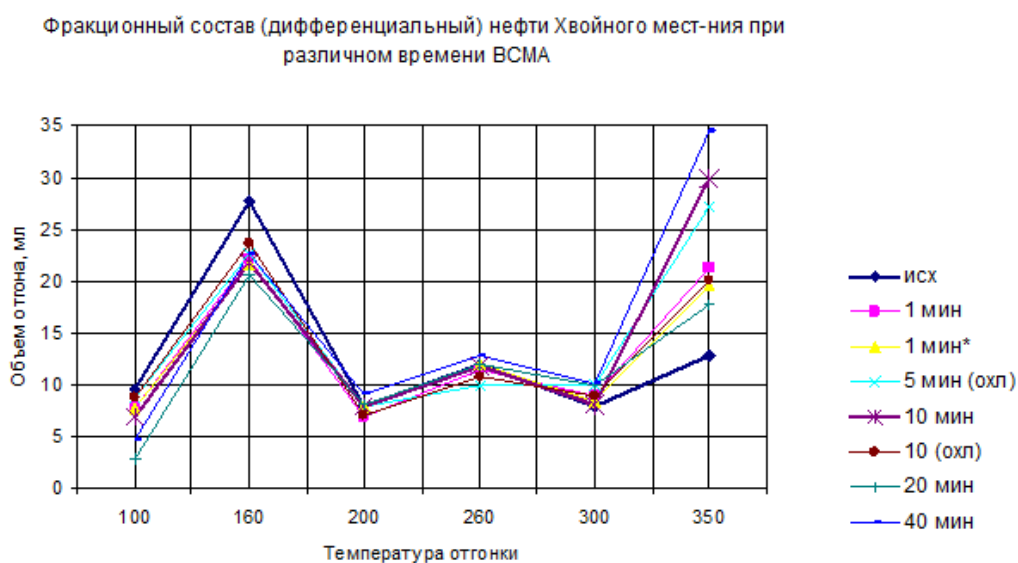


Рисунок 1.5.1 График зависимости объема отгона от температуры отгонки

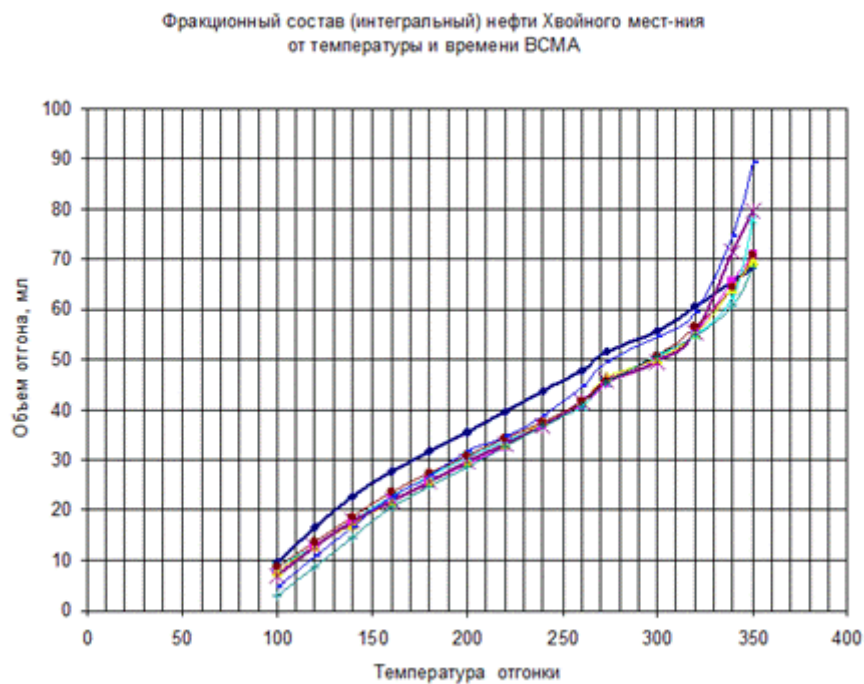


Рисунок 1.5.2 График зависимости выхода светлых фракций от температуры

График зависимости выхода светлых фракций от температуры (рисунок 1.5.2). На нем мы видим, что при обработке нефти технологией ВСМА и повышении температуры до 350 °C мы можем увеличить процент выхода светлых фракций до 90%.

Деструктивное влияние технологии ВСМА было отмечено и в экспериментах по обработке товарного мазута, результаты которых приведены в таблице 1.6.1.

Таблица 1.6.1. Результаты обработки товарного мазута

Вещество	Температура вспышки, °C	Температура начала кипения, °C	Выход светлых до 300 °C
Мазут исходный	183	197	4
Мазут обработанный	168	118	10

Как видно из представленных данных в таблице 1.6.1 при обработке товарного мазута технологией ВСМА в нём происходят деструктивные процессы, способствующие увеличению выхода светлых с 4% до 10%.

1.7 Мини-НПЗ в Томской области

В качестве объекта для разработки устройства ВСМА для предварительной обработки нефти выбираем мини-НПЗ, расположенный в Томской области (20 км от Томска у п. Семилужки). Проектная мощность предприятия составляет 200 тысяч тонн по сырью, а в сутки это примерно около 500 м³/сутки.

Строительные работы, которые начались в феврале 2007 года, выполнила дочерняя структура Группы Е4 - ОАО «Инжиниринговый центр». В задачи компании входило строительство административного здания завода и семи технологических корпусов, расположенных на 4 гектарах земли, а также монтаж всего технологического оборудования.

Таким образом, приведённые выше результаты экспериментальных исследований по применению технологии и оборудования ВСМА для подготовки нефти дают объективные предпосылки для разработки промышленного ресурсоэффективного оборудования для мини-НПЗ, позволяющего увеличить выход светлых фракций [9].

ГЛАВА 2. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ВСМА

2.1 Единичный рабочий МВО

Из опыта разработок устройств ВСМА следует, что наиболее целесообразным при разработке конструкции устройства для установки по переработки нефти, является модульный подход.

Модуль виброобработки (МВО) является основной частью виброактиватора для установки по переработки нефти, и который осуществляет непосредственное виброструйное магнитное воздействие на нефть. Ниже на Рис. 2 представлен эскизный чертеж основных элементов конструкции модуля.

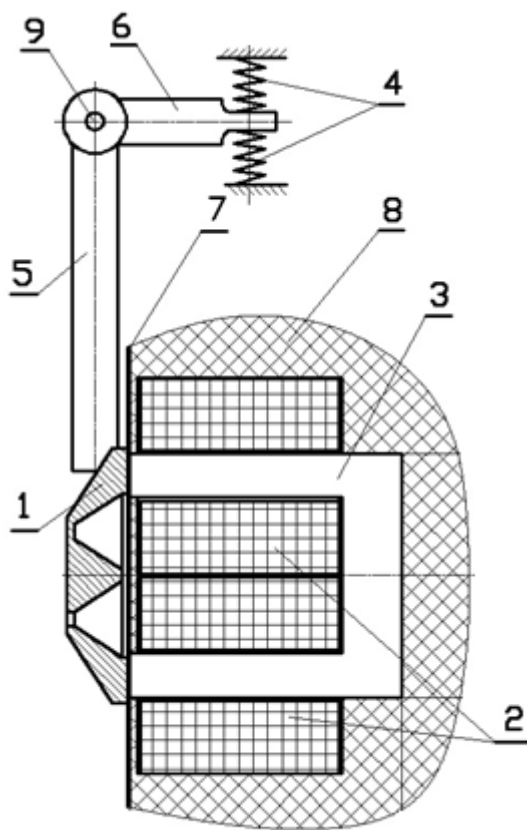


Рисунок 2.1. Конструкция МВО,

где:

1. Активатор
2. Обмотки электромагнита
3. Индуктор магнитопровода

4. Пружины подвеса активатора
5. Длинное плечо рычага
6. Короткое плечо рычага
7. Стенка корпуса модуля
8. Изоляционный компаунд

В Корпусе МВО размещается электромагнит. Сам корпус полностью изолирован от воздействия среды обработки, является герметичным. Пустое пространство корпуса наполняется компаундом, который обеспечивает теплоотвод с магнитопровода и обмоток.

Электромагнит создает возмущающую силу в колебательной системе. Электромагнит и корпус жестко связаны, следовательно, в данной конструкции колебания совершает активатор, который является якорем электромагнита. Сердечник электромагнита выполняется из листов стали (обычной или электротехнической) П-образной формы. На стержнях сердечника располагаются катушки. Активатор выполняется из цельной заготовки, которая может быть круглой или квадратной. В теле активатора выполняются специальные отверстия трапецеидальной формы, которые формируют затопленные струи. Активатор крепится на длинном плече рычага. Подвижные элементы МВО крепятся к корпусу осуществляются с помощью кронштейна.

Цилиндрические пружины (упругости) формируют возвращающую силу колебательной системы.

С помощью регулировочного винта устанавливается начальный воздушный зазор между стенкой корпуса МВО и активатором.

2.2 Конструирование и расчет параметров электромагнита

Чтобы задать наружный диаметр активатора $D_{на}$ нужно учитывать определённые условия: из практики эксплуатации устройств ВСМА имеются рекомендации по выбору размеров активатора, которые сводятся к

следующему: для жидких систем со значениями низкой вязкости и плотности не более 1000 кг/м^3 выбирается диаметр активатора 250 мм; для жидких систем со средними значениями вязкости и плотностью до 2000 кг/м^3 выбирается активатор диаметром не более 150 мм; для высоковязких жидких систем с плотностью более 2000 кг/м^3 выбирается диаметр 90-100 мм.

В нашем случае принимаем среднее значение плотности нефти 950 кг/м^3 и со средней вязкостью. Следовательно, выбираем диаметр активатора, равным 150 мм.

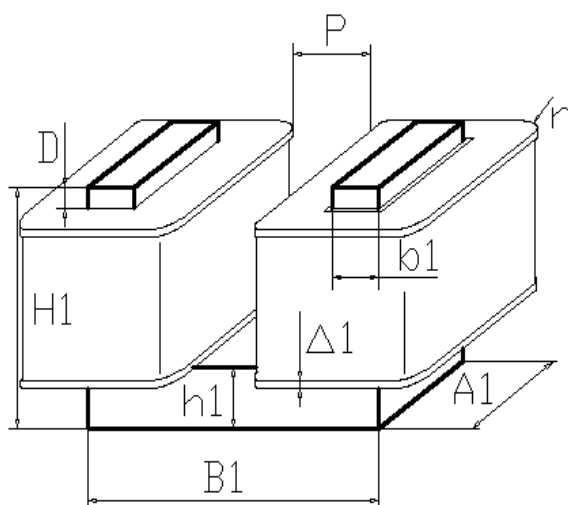


Рисунок 2.2. Размеры обмоток и сердечника электромагнита модуля ВСМА

Основные соотношения размеров активатора и магнитопровода, рекомендуемые для устройств ВСМА, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Размеры электромагнита.

Размер активатора, индуктора	Рекомендованные соотношения
Наружный диаметр активатора, $D_{на}$	$D_{на}$ выбирается, исходя из реологических свойств ЖС
Высота активатора, H_a	$H_a = (0,19 \div 0,21) D_{на}$
Длина ярма индуктора, $B1$	$B1 = (0,95 \div 1,0) D_{на}$
Ширина полюсного наконечника индуктора, $b1$	$b1 = (0,15 \div 0,2) B1$
Длина полюсного наконечника индуктора, $A1$	$A1 = (0,3 \div 0,4) B1$
Ширина кольцевой части активатора, b_k	$b_k = (1,0 \div 1,1) b1$
Высота стержня индуктора, $H1$	$H1 = (1,0 \div 1,1) B1$

2.3 Расчёт производительности активации для мини НПЗ

Так как, в нашем случае рассматриваем конкретный мини-НПЗ, то есть имеет место конкретное значение количества перерабатываемой нефти в сутки. На данном производстве перерабатывается до 500 м³ в сутки, однако с учетом запаса на мини-НПЗ имеется 5 резервуаров стальных вертикальных (РВС) по 1000 м³. Активацию нефти будем производить в одном из вертикального стального резервуара, следовательно, для расчета будем использовать ёмкость в 1000 м³. Нужно рассчитать производительность активаторов (Q_3), которая показывает объем жидкости, обработанный активатором.



Рисунок 2.3. Резервуар вертикальный стальной 1000 м³

Чертеж конструкции РВС–1000 представлен в приложении Д.

Время для разжижения (активации) нефти не должно превышать 24 часов. Исходя из этого, рассчитаем значение заданной производительности активации нефти

$$2.3.1 \quad Q_3 = \frac{1000}{24} = 41,7 \text{ м}^3/\text{час}$$

2.3.2 Расчётное значение расхода жидкости при колебаниях активатора

Выбираем начальный зазор между активатором и стенкой корпуса модуля ВСМА $\delta_0=0,006$ м.

Выбираем расчётное значение частоты колебаний активатора f , равное 50 Гц. Тогда расход ЖС при работе одного активатора будет равен

$$Q_p = 2 \cdot S_{\text{зах}} \cdot X_m \cdot f \cdot 3600 = 36,72 \text{ м}^3/\text{час}$$

$$S_{\text{зах}} = k \cdot S_{\text{осн}} = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 0,017 \text{ м}^2$$

$$X_m = \delta_0 = 0,006 \text{ м}$$

2.3.3 Количество попаданий одной порции ЖС в зону активации

Выбираем значение Z для нефти, равное 10.

Минимальное расчётное значение расхода производительности активации одним активатором с учётом значения Z

$$Q_{\text{ра}} = \frac{Q_p}{Z} = \frac{36,72}{10} = 3,67 \text{ м}^3/\text{час}$$

2.3.4 Расчётное количество активаторов (модулей ВСМА) для обеспечения производительности активации, заданной для разработки

$$N = \frac{Q_z}{Q_{\text{ра}}} = \frac{41,7}{3,67} = 11,4$$

Принимаем количество активаторов $N = 12$ шт. (кратное числу 3)

2.4. Основные размеры активатора и сердечника магнитопровода

Расчет осуществляется на основе ранее выбранного значения диаметра активатора

$$D_{\text{на}} = 0,15 \text{ м}$$

2.4.1 Высота активатора

$$H_a = 0,2 \cdot D_{\text{на}} = 0,2 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ м}$$

2.4.2 Длина ярма сердечника

$$B1 = 0,95 \cdot D_{\text{на}} = 0,95 \cdot 0,15 = 0,1425 \text{ м}$$

Выбираем $B1 = 0,15 \text{ м}$

2.4.3 Ширина полюсного наконечника сердечника

$$b1 = 0,18 \cdot B1 = 0,18 \cdot 0,14 = 0,0252 \text{ м}$$

Выбираем $b1 = 0,025 \text{ м}$.

2.4.4 Ширина кольцевой части основания активатора

$$b_k = 1,05 \cdot b1 = 1,05 \cdot 0,025 = 0,02625 \text{ м}$$

Выбираем $b_k = 0,025 \text{ м}$.

2.4.5 Длина полюсного наконечника сердечника

$$A1 = 0,35 \cdot B1 = 0,35 \cdot 0,14 = 0,049 \text{ м}$$

Выбираем $A1 = 0,05 \text{ м}$.

2.4.6 Высота стержня сердечника

$$H1 = 1,1 \cdot B1 = 1,1 \cdot 0,14 = 0,154 \text{ м}$$

Выбираем $H1 = 0,15 \text{ м}$.

2.4.7 Высота ярма сердечника

$$h1 = 1,4 \cdot b1 = 1,4 \cdot 0,025 = 0,035 \text{ м}$$

Выбираем $h1 = 0,035 \text{ м}$.

2.4.8. Параметры обмоток электромагнита модуля ВСМА

2.4.9 Площадь окна сердечника магнитопровода для размещения обмоток

$$S_{\text{окн}} = (B1 - 2b1 - 2\Delta1 - P) \cdot (H1 - h1 - 2\Delta1 - D)$$

Принимаем: $\Delta1 = 0,002 \text{ м}$; $P = 0,002 \text{ м}$; $D = 0,004 \text{ м}$.

$$S_{\text{окн}} = (0,15 - 2 \cdot 0,025 - 2 \cdot 0,002 - 0,002) \cdot (0,15 - 0,035 - 2 \cdot 0,002 - 0,004) = 0,01 \text{ м}^2$$

2.4.10 Расчётное количество витков в обмотке магнитопровода

$$W_p = \frac{2S_{окн}k_{зан}}{\pi d_{пр.и}^2}$$

Принимаем коэффициент заполнения окна сердечника магнитопровода обмоточным проводом $k_{зан} = 0,55$. Выбираем обмоточный провод марки ПЭТВ диаметром жилы $d_{пр} = 1,5$ мм и диаметром провода в изоляции $d_{пр.и} = 1,59$ мм.

$$W_p = \frac{2 \cdot 10000 \cdot 0,55}{\pi \cdot 1,59^2} = 1638$$

Принимаем $W = 1600$.

2.4.11 Допустимая толщина слоёв обмотки

$$\Delta t = \frac{B1 - 2b1 - 2\Delta 1 - P}{2} = \frac{0,15 - 2 \cdot 0,025 - 2 \cdot 0,002 - 0,002}{2} = 0,047 \text{ м}$$

2.4.12 Расчётное количество слоёв обмотки

$$N_{сл} = \frac{\Delta t}{d_{пр.и}} = \frac{0,047}{0,00159} = 29,6$$

Принимаем $N_{сл} = 30$.

2.4.13 Расчётное значение длины среднего витка обмотки

$$P_{ср} = 2(b1 + A1 + 2\Delta 1) + 2\pi \cdot R_{скр.об} = 2 \cdot (0,025 + 0,05 + 2 \cdot 0,002) + \\ + 2\pi \cdot 0,0207 = 0,29 \text{ м}$$

Средний радиус закругления углов обмотки

$$R_{скр.об} = \frac{(N_{сл} + 1)d_{пр.и}}{2} = \frac{(27 + 1) \cdot 0,00159}{2} = 0,0207 \text{ м}$$

2.4.14 Расчётное значение длины провода обмотки

$$P_{об} = W \cdot P_{ср} = 1600 \cdot 0,29 = 464 \text{ м}$$

2.5 Электрические параметры обмоток электромагнита МВО

2.5.1 Сечение к.з. витка

$$S_{к.з.} = \frac{D_{к.з.}}{4} \cdot Ha \cdot 10^6 = 391.3$$

где

$$D_{к.з.} = \sqrt{(A l^2 + b l^2)} = 0.056$$

2.5.2 Активное сопротивление обмотки

$$R_{об} = 4 \cdot \rho_m \cdot \frac{L_{np.об.}}{\pi \cdot dnp^2} = 4 \cdot 0.0175 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{464}{3.14 \cdot (0,0015)^2} = 4.6 \text{ Ом}$$

где $\rho_m = 0.0175 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – удельное электрическое сопротивление меди

2.5.3 Активное сопротивление обмотки в горячем состоянии

$$R_{об.гор.} = R_{об.} \cdot (1 + \tau_m \cdot \Delta T) = 4.6 \cdot (1 + 3.8 \cdot 10^{-3} \cdot 70) = 5.8 \text{ Ом}$$

где $\Delta T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – перегрев обмотки в рабочем состоянии, а $\tau_m = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{C}$

2.5.4 Допустимый ток в обмотке

$$I_{доп.} = j_{доп.} \cdot \pi \cdot \frac{dnp^2}{4} = 2.6 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot \frac{(0.015)^2}{4} = 5.162 \text{ А}$$

Где $j_{доп.} = 2.6 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ – допустимая плотность тока в обмотке

2.5.5 Активное сопротивление основного контура

$$R_{к1} = R_{об.гор.} = 5.8 \text{ Ом.}$$

2.5.6 Учет намагничивания магнитовпровода

$$\mu(1) = \mu_{ст} = 1350$$

2.5.7 Зазор между активатором и магнитопроводом

$$X_0 = \delta_0 + \tau_{ст} = 0.006 + 0.001 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

где $\delta_0 = 0.006 \text{ м}$ - начальный воздушный зазор, а $\tau_{ст} = 0.001 \text{ м}$ - толщина стенки корпуса

2.5.8 Расчет индуктивности основной обмотки

$$L1 = \frac{\mu(1) \cdot \mu 0 \cdot W^2 \cdot S_{нол}}{k1 \cdot (2 \cdot (\delta 0 + L_M)) + 10 \cdot \Delta l} = \frac{1350 \cdot 1.257 \cdot 10^{-6} \cdot (1600)^2 \cdot 1.25 \cdot 10^{-3}}{4.5 \cdot (2 \cdot (0.006 + 0.285)) + 10 \cdot 0.047} = 0.494 \text{ Гн}$$

где $k1=4,5$ – конструктивный коэффициент, учитывающий взаимное расположение обмоток.

2.6 Расчет массы активатора

Чтобы рассчитать массу активатора нужно разбить его на составляющие объёмные фигуры. На рисунке ниже приведен пример, как это можно сделать.

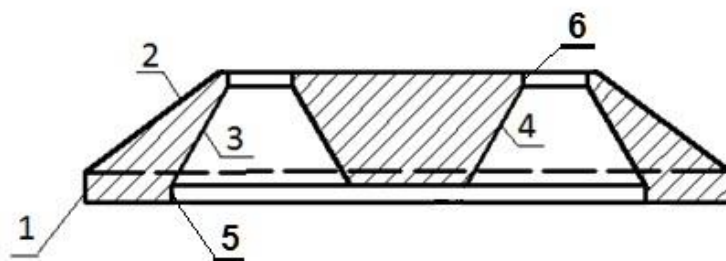


Рисунок 2.6.1 Составляющие части активатора, где:

- 1 – полый цилиндр (кольцо) основания активатора;
- 2 – усечённый конус, образованный внешней образующей формы активатора;
- 3 – усечённый конус, образованный внешней образующей полости внутри активатора;
- 4 – усечённый конус, образованный внутренней образующей полости внутри активатора;
- 5 – полый цилиндр (кольцо) захода полости внутри активатора;
- 6 – полый цилиндр (кольцо) выходного отверстия полости внутри активатора.

Подробный чертеж активатора будет представлен в приложении В.

2.6.1 Масса активатора высчитывается по формуле:

$$M_a = \rho_{ma} \cdot V_a$$

где:

ρ_{ma} - объемная плотность материала активатора
 V_a - объем активатора, занимаемый материалом
 $\rho_{ma} = 7800 \text{ кг/м}^3$ объемная плотность магнитопроводящей конструкционной стали.

2.6.2 Объем активатора

$$V_a = V1 + V2 - V3 + V4 - V5 - V6$$

где: $V1$ – объем полого цилиндра 1;
 $V2$ – объем усеченного конуса 2;
 $V3$ – объем усеченного конуса 3;
 $V4$ – объем усеченного конуса 4;
 $V5$ – объем полого цилиндра (кольца) 5;
 $V6$ – объем полого цилиндра (кольца) 6.

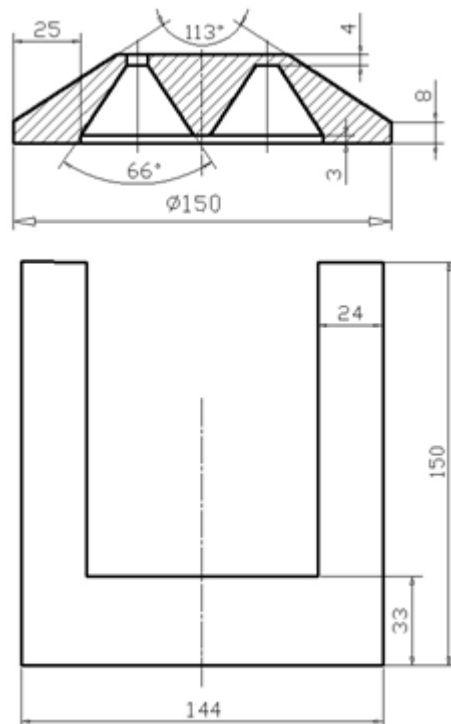


Рисунок 2.6.2 Конструкция активатора и листа сердечника модуля ВСМА

В приложении Г приведен чертеж листа пластины магнитопровода активатора.

2.6.3 Объем основания (цилиндр)

$$V_1 = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot h_3 = 3.14 \cdot \frac{(150)^2}{4} \cdot 8 = 1.414 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

2.6.4 Объем усеченного конуса

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (h_2 - h_3) \cdot \left[\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 + \frac{(d_1 \cdot d_2)}{4} + \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right] = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot (35 - 8) \cdot \left[\left(\frac{150}{2} \right)^2 + \frac{(150 \cdot 100)}{4} + \left(\frac{100}{2} \right)^2 \right] = 3.358 \cdot 10^5 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

2.6.5 Объем усеченного конуса, находящегося внутри

$$V_4 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_7 \cdot \left[\left(\frac{d_4}{2} \right)^2 + \frac{(d_4 \cdot d_5)}{4} + \left(\frac{d_5}{2} \right)^2 \right] = \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 31 \cdot \left[\left(\frac{68}{2} \right)^2 + \frac{68 \cdot 23}{4} + \left(\frac{23}{2} \right)^2 \right] = 5451 \cdot 10^4 \text{ мм}^3$$

2.6.6 Объем 1 участка пустоты (цилиндр)

$$V_3 = \pi \cdot \frac{(d_2)^2}{4} \cdot h_6 = 3.14 \cdot \frac{(100)^2}{4} \cdot 105 = 3.142 \cdot 10^4 \text{ мм}^3$$

2.6.7 Объем внутреннего усеченного конуса

$$\begin{aligned} V_5 &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_2 \cdot \left[\left(\frac{d_2}{2} \right)^2 + \frac{(d_2 \cdot d_6)}{4} + \left(\frac{d_6}{2} \right)^2 \right] = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 35 \cdot \left[\left(\frac{100}{2} \right)^2 + \frac{100 \cdot 105}{4} + \left(\frac{105}{2} \right)^2 \right] = 2889 \cdot 10^5 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

2.6.7 Находим общий объем стали

$$V_1 = 2.114 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

2.6.8 Переведем в метры кубические

$$V = V_1 \cdot 10^{-9} = 2.114 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

2.6.9 Определяем массу активатора

$$M = \rho \cdot V = 7800 \cdot 2.114 \cdot 10^{-4} = 1.649 \text{ кг}$$

2.6.10 Общая масса подвижных частей модуля ВСМА

$$M_{np} = \frac{8}{3} \cdot \rho_{жс} \cdot \left(\frac{D_{на}}{2} \right)^3 = \frac{8}{3} \cdot 950 \cdot \left(\frac{0.15}{2} \right)^3 = 1.069 \text{ кг}$$

где M_{np} - масса присоединяемой жидкости

$$M_{общ} = M + M_{np} = 1.649 + 1.069 = 2.718 \text{ кг}$$

Используя полученные размеры активатора и магнитопровода, произведём конструирование всего устройства. В основе конструкции установки ВСМА для полготовки нефти используем стандартизированные

материалы и изделия: трубную и листовую продукцию. Общий вид установки приведён на рисунке 2.6.3. Виброактиватор содержит двенадцать МВО, расположенных в двух слоях по 6 штук (часть активаторов на рисунке не показано).

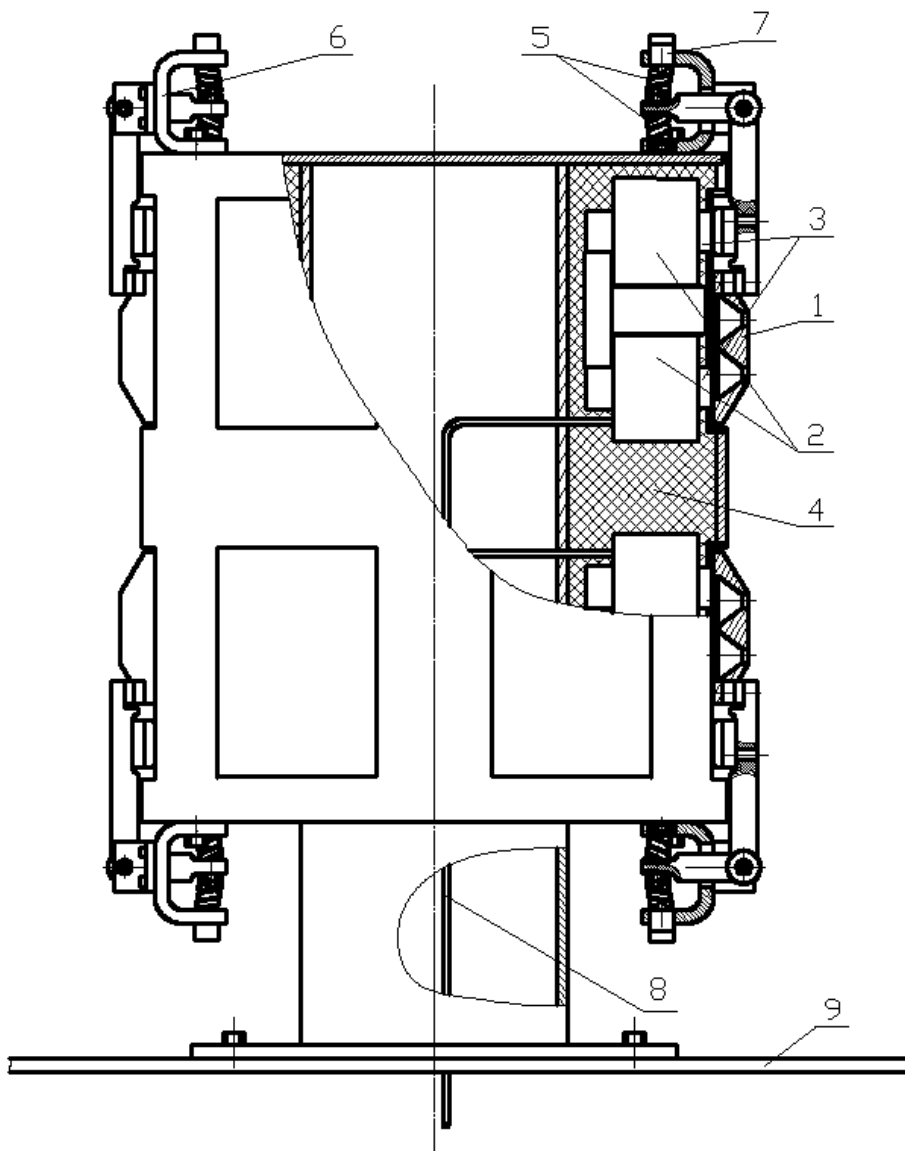


Рисунок 2.6.3 Общий вид виброактиватора.

1. Активатор
2. Катушка
3. Магнитопровод
4. Компаунд
5. Пружина
6. Пружинный узел

7. Винт регулировочный
8. Вывод электрический
9. Днище РВС – 1000

В пространство корпуса установки, которое не занято элементами электромагнита, заливается компаунд, который обеспечивает большой теплоотвод с обмоток и магнитопровода.

Электромагнит обеспечивает возмущающую силу в колебательной системе, также он жестко связан с корпусом, следовательно, в данной конструкции колебания совершает активатор. Активатор является якорем электромагнита. На обоих стержнях сердечника расположены одинаковые катушки. Активатор выполняется цельной заготовкой круглой или квадратной формы. В теле активатора выполнено специальное трапецеидальное отверстие для формирования затопленных струй. Крепление активатора выполняется на длинном плече рычага. Крепление подвижных элементов МВО к корпусу производится при помощи кронштейна.

Цилиндрические пружины формируют возвращающую силу.

Винт регулировочный нужен для регулирования начального зазора между активатором и стенкой корпуса.

Чертеж виброактиватора представлен в приложении А.

2.7 Расчет пружинного подвеса активатора

Для рассчитанного модуля выбирается пружина с параметрами жесткости не менее $C=4.109 \cdot 10^5$ Н/м. [8]

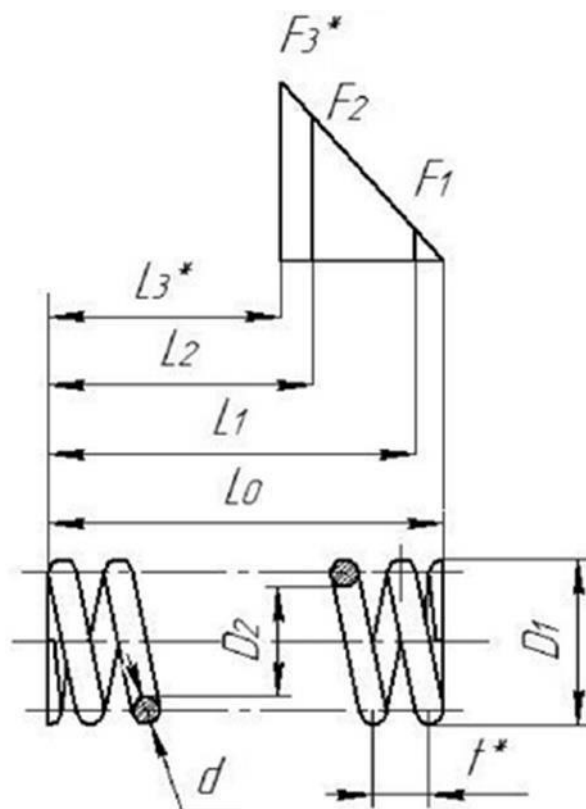


Рисунок 2.7.1 Основные размеры пружины

В таблице 2.7.1 представлены основные параметры пружины

Таблица 2.7.1 Параметры пружины

Параметр пружины	Проволока класса I
Диаметр прутка d	5 мм
Наружный диаметр $D1$	25 мм
Длина пружины без нагрузки $L0$	26 мм
Число витков рабочее n	2
Предварительная длина $L1$	20 мм
Длина рабочая $L2$	19 мм
Диаметр внутренний $D2$	9 мм
Длина витков при соприкосновении $L3$	28 мм

Нагрузка предварительная F_1	8188.41 Н
Нагрузка рабочая F_2	10854.82 Н
Жесткость C	$4.10 \cdot 10^5$ Н/м
Шаг t	4.5 мм
Масса m	0.8682 кг

Чертеж пружины представлен в приложении Б.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ

3.1 Электрическая схема замещения контуров установки

Электрическая схема модуля виброобработки (МВО) ВСМА состоит из главного и двух короткозамкнутых контуров. Главный электрический контур состоит из электромагнита, который в свою очередь состоит из индуктивности L_1 и L_2 , активных сопротивлений катушек R_1 и R_2 и диода VD . Энергия распространения колебаний в пространстве будет зависеть от частоты возмущений. Чем выше частота, тем меньше радиус распространения энергии колебаний в среде. При работе на частоте 50 Гц возмущающая сила будет увеличена в 2 раза, т.е. 100 Гц. Диод VD обеспечивает частоту возмущающей силы 50 Гц при питающем напряжении с частотой 50 Гц.

Короткозамкнутый контур, создаваемый конструктивными элементами листов стенки корпуса МВО ВСМА, на схеме замещения представлен индуктивностью L_{K3} и активным сопротивлением R_{K3} .

Из-за идентичности КЗ контуров рассчитаем влияние только одного на катушки. Схема замещения представлена на рисунке 3.1.1.

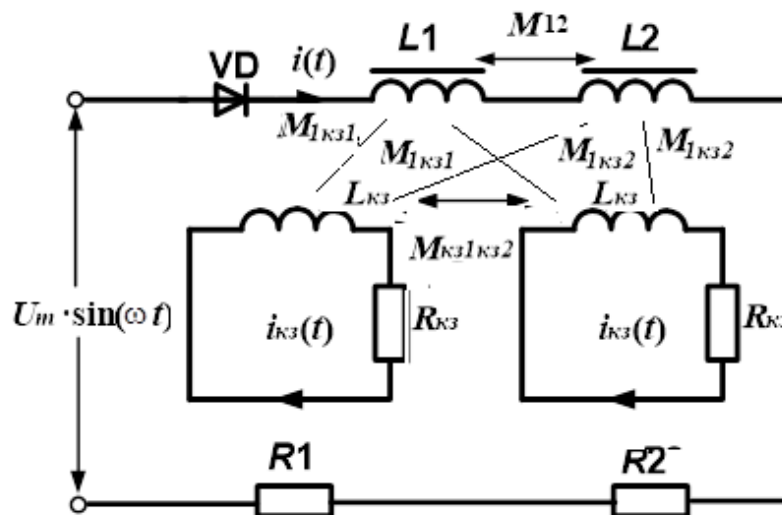


Рисунок 3.1.1 – Схема замещения электрической части МВО ВСМА

Рисунок 3.1.1- включает в себя следующие элементы:

- L_1, L_2 – индуктивность катушек;

- R_1, R_2 – активные сопротивления катушек;
- M_{12} – взаимная индуктивность между катушками;
- $L_{кз}, R_{кз}$ – индуктивность и активное сопротивление короткозамкнутого контура соответственно;

$M_{кз}$ – взаимная индуктивность короткозамкнутого контура;

Определяем параметры электрической системы ЭМП.

Активные сопротивления катушек:

$$R_1 = R_2 = R_k = 4.595 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление КЗ контура принимаем:

$$R_{кз} = \rho_{кз} \cdot \frac{l_{кз}}{S_{кз}} = 0.0002 \text{ Ом,}$$

где $\rho_{кз} = 0.047 \text{ Ом}^{-1}$ – проводимость короткозамкнутого витка,

$l_{кз} = 0.086 \text{ м}$ – длина короткозамкнутого витка,

$S_{кз} = 20 \text{ мм}^2$ – сечение короткозамкнутого витка.

Индуктивности катушек:

$$L_1 = L_2 = L_k = k \cdot \frac{\mu_{ст.} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot N^2}{l + \delta_{\Sigma} \cdot \frac{\mu_{ст}}{\sigma}} = L1 = \frac{\mu(1) \cdot \mu_0 \cdot W^2 \cdot S_{пол}}{k1 \cdot (2 \cdot (\delta_0 + L_m)) + 10 \cdot \Delta l} =$$

$$= \frac{1350 \cdot 1.257 \cdot 10^{-6} \cdot (1600)^2 \cdot 1.25 \cdot 10^{-3}}{4.5 \cdot (2 \cdot (0.006 + 0.285)) + 10 \cdot 0.002} = 1.063 \text{ Гн} \quad (3.1.1)$$

где $N=1600$ – число витков катушки;

$l = 0,285 \text{ м}$ – длина средней линии магнитопровода;

$S = 45 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 900 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения сердечника;

$\delta_{\Sigma} = x_0 + 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м} + 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – величина воздушного зазора;

$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_{ст} \approx 1350$ – относительная магнитная проницаемость стали;

$\sigma = 1,5$ – коэффициент рассеивания;

$k=1$ – коэффициент, учитывающий отношение длины намотки к диаметру катушки ($l / d \gg 10$).

Индуктивность КЗ контура:

$$L_{\text{КЗ}} = \frac{\mu_{\text{ст}} \cdot \mu_0 \cdot S}{l} = 0.0018 \text{ Гн} \quad (3.1.2)$$

Принимаем следующие значения взаимных индуктивностей:

$$M_{12} = \frac{N^2 \cdot \mu_{\text{ст}} \cdot \mu_0 \cdot S}{(\delta_{\Sigma} - x_0) \cdot \mu_{\text{ст}} + l} = 0.0354 \text{ Гн} \quad (3.1.3)$$

$$M_{\text{КЗ}} = \frac{N \cdot \mu_{\text{ст}} \cdot \mu_0 \cdot S}{(\delta_{\Sigma} - x_0) \cdot \mu_{\text{ст}} + \frac{l}{0.5}} = 3.59 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}. \quad (3.1.4)$$

3.2 Система уравнений установки

Система уравнений представляет собой уравнения электрических контуров установки, а также уравнения механического контура. Преобразуем уравнения в более удобный вид для решения. Применяется численный метод решения.

3.2.1 Уравнения для электрических контуров

Уравнение для основного контура

$$U_m = \sin \omega t = i_o \cdot 2 \cdot R_{\kappa} + \frac{d\psi_{\Sigma}}{dt} \quad (3.2.1)$$

где: ψ_{Σ} – суммарное потокоцепление катушек $L1, L2$

i_o – ток протекающий в основном контуре;

R_{κ} – активное сопротивление основного контура.

ψ_{Σ} – суммарное

потокоцепление, будет, имеет вид:

$$\psi_{\Sigma} = \psi_1 + \psi_2,$$

Ψ_1 - суммарное потокосцепление катушки **L1**, представляющее собой сумму потокосцеплений данной катушки, определяемую собственной индуктивностью и всеми возможными взаимоиנדуктивными связями.

Ψ_2 - суммарное потокосцепление катушки **L2**, представляющее собой сумму потокосцеплений данной катушки, определяемую собственной индуктивностью и всеми возможными взаимоиנדуктивными связями.

Ψ_1 суммарное потокосцепление катушки **L1** определяется как:

$$\Psi_1 = \Psi_{\text{соб.инд1}} + \Psi_{\text{в.инд1}} + \Psi_{\text{в.инд.K1}}, \quad (3.2.2)$$

где:

$\Psi_{\text{соб.инд1}} = i_o \cdot L_1$, - собственное потокосцепление катушки **L1**;

$\Psi_{\text{в.инд1}} = i_o \cdot M_{12}$, - потокосцепление катушки **L1** с катушкой **L2**;

$\Psi_{\text{в.инд.K}} = i_{\text{кз}} \cdot M_{1\text{кз1}}$ - потокосцепление с короткозамкнутым контуром;

Ψ_2 - суммарное потокосцепление катушки **L2** определяется как:

$$\Psi_2 = \Psi_{\text{соб.инд2}} + \Psi_{\text{в.инд2}} + \Psi_{\text{в.инд.K2}}, \quad (3.2.3)$$

где:

$\Psi_{\text{соб.инд2}} = i_o \cdot L_2$, - собственное потокосцепление катушки **L2**;

$\Psi_{\text{в.инд1}} = i_o \cdot M_{12}$, - взаимное потокосцепление катушек **L1, L2**;

$\Psi_{\text{в.инд.K}} = i_{\text{кз}} \cdot M_{1\text{кз2}}$, - взаимное потокосцепление катушек с

короткозамкнутым контуром;

Перепишем уравнение 3.3.1

$$U_m = \sin \omega t = i_o \cdot 2 \cdot R_k + \frac{d\Psi_1}{dt} + \frac{d\Psi_2}{dt}, \quad (3.2.4)$$

где: потокосцепление Ψ_1, Ψ_2 будут равны:

$$\frac{d\Psi_1}{dt} = \frac{\Psi_{\text{соб.инд1}}}{dt} + \frac{\Psi_{\text{в.инд1}}}{dt} + \frac{\Psi_{\text{в.инд.K1}}}{dt} = \frac{i_o \cdot L_1}{dt} + \frac{i_o \cdot M_{12}}{dt} + \frac{i_o \cdot M_{1\text{кз1}}}{dt}, \quad (3.2.5)$$

$$\frac{d\Psi_2}{dt} = \frac{\Psi_{\text{соб.инд2}}}{dt} + \frac{\Psi_{\text{в.инд2}}}{dt} + \frac{\Psi_{\text{в.инд.К2}}}{dt} = \frac{i_o \cdot L_2}{dt} + \frac{i_o \cdot M_{12}}{dt} + \frac{i_o \cdot M_{1\kappa 32}}{dt}, \quad (3.2.6)$$

Используя выражение получим общую расчетную формулу:

$$\begin{aligned} Um \cdot \sin(\omega t) &= i_o \cdot 2 \cdot R_{\kappa} + \\ &+ i_o \left(\frac{dL_1}{dt} + \frac{dL_2}{dt} + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dM_{21}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 31}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 32}}{dt} \right) + \\ &+ \frac{di_o}{dt} (L_1 + L_2 + M_{12} + M_{21} + M_{1\kappa 31} + M_{1\kappa 32}); \end{aligned} \quad (3.2.7)$$

Упростим уравнение, заменив дифференциал произведения на суммы двух дифференциалов:

$$\begin{aligned} Um \cdot \sin(\omega t) &= Um \cdot \sin(\omega t) - i_o \cdot 2 \cdot R_{\kappa} - \\ &- i_o \cdot (L_1 + L_2 + M_{12} + M_{21} + M_{\kappa 31-1} + M_{\kappa 32-1} + M_{\kappa 32-2} + M_{\kappa 31-2}) = \\ &= \frac{di_o}{dt} \left(\frac{dL_1}{dt} + \frac{dL_2}{dt} + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dM_{21}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 31}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 32}}{dt} \right); \end{aligned} \quad (3.2.8)$$

Сгруппируем однородные члены выражения для составления системы уравнений основного контура.

$$\frac{di_o}{dt} = \frac{Um \cdot \sin(\omega t) - 2i_o \cdot R_{\kappa} - i_o \left(\frac{dL_1}{dt} + \frac{dL_2}{dt} + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dM_{21}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 31}}{dt} + \frac{M_{1\kappa 32}}{dt} \right)}{L_1 + L_2 + M_{12}}, \quad (3.2.9)$$

Уравнение для короткозамкнутого контура:

$$0 = i_{\kappa 3} \cdot R_{\kappa 3} + \frac{d\Psi_{\kappa 31}}{dt}, \quad (3.2.10)$$

где: $\Psi_{\kappa 3}$ - потокосцепление короткозамкнутого контура, представляющий собой суммарный магнитный поток, сцепляющийся со всеми витками катушки индуктивности и взаимноиндуктивности короткозамкнутого контура.

3.2.2 Алгоритм расчёта системы дифференциальных уравнений

Система уравнений, состоящая из основного контура, короткозамкнутого контура, уравнения механического контура и скорости амплитуды, не может быть решена аналитическими методами, поэтому для расчёта режимов работы виброактиватора выше приведенные системы уравнений рассчитаем численными методами Рунге-Кутты четвертого порядка, составим алгоритм расчета системы. Метод Рунге-Кутты обладает большой точностью. Метод Эйлера, или метод касательных, не столь точен. Этот метод очень удобен для практических вычислений [7].

Система расчета состоит из итерационного определения четырех коэффициентов K, M, S, C:

$$K(t, l, l_k, x, y) := \frac{k1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k3(t, l, l_k, x, y) + k4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$M(t, l, l_k, x, y) := \frac{m1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m3(t, l, l_k, x, y) + m4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$S(t, l, l_k, x, y) := \frac{s1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s3(t, l, l_k, x, y) + s4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$C(t, l, l_k, x, y) := \frac{c1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c3(t, l, l_k, x, y) + c4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

Алгоритм расчетов будем, производит, учитывая соответствующие коэффициентами, во времени. Матрица для алгоритма расчета выглядит

$$\begin{pmatrix} t_{i+1} \\ l_{i+1} \\ l_{k_{i+1}} \\ y_{i+1} \\ x_{i+1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} t_i + h \\ \text{if}(l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq 0, l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i), 0) \\ l_{k_i} + M(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ y_i + S(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ \text{if}(x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq X0, X0, x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i)) \end{pmatrix}$$

Первый ряд матрицы задаёт время расчёта с определённым шагом t_i+h . Второй ряд матрицы, рассчитывает ток I_i в основном контуре, учитывает

наличие диода, третий ряд учитывает ток I_{K_i} в короткозамкнутом витке, четвертый ряд учитывает скорость движения активатора, пятый ряд учитывает смещение активатора относительно средней точки.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОДУЛЯ ВСМА

Основными задачами анализа режимов работы модуля ВСМА и всей установки являются:

- определение токов в основном контуре модуля ВСМА при максимальной производительности активации;
- определение величины и частоты питающего напряжения модуля ВСМА при максимальной производительности активации;
- уточнение начального зазора между активатором и стенкой корпуса модуля ВСМА, обеспечивающего максимальную производительность активации при ограничениях тока в обмотках электромагнита модуля ВСМА.

4.1 Определение резонансной частоты при колебаниях, не превышающих начальный зазор

Произведем расчеты по математической модели при диапазоне значений частоты питающего напряжения $f=30\ldots 70$ Гц, с шагом 5 Гц, и значениях механического сопротивления $R_{m0}=100$ и 500 кг/с, и занесем полученные данные в таблицы.

Расчет начнем производить при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 = 0.006$ м, а также с относительной магнитной проницаемостью стали $\mu = 1350$ (Ст. 3).

В таблице 4.1.1 представленный расчетные данные при механическом сопротивлении $R_{m0} = 100$ кг/с и с частотой питающего напряжения изменяющейся в диапазоне $f=30\ldots 70$ Гц, с шагом 5 Гц.

Таблица 4.1.1.

f, Гц	30	35	40	47	50	55	60	65	70
R_{m0} , кг/с	100	100	100	100	100	100	100	100	100
x, мм	0,2135	0,2905	0,532	0,9555	0,3218	0,1991	0,177	0,156	0,145
$Q_{акт}$, м ³ /час	0,001	0,018	0,028	0,059	0,0077	0,0024	0,002	0,002	0,0004
U, В	132	154	176	198	22	242	250	275	308
I_d , А	0,351	0,349	0,341	0,381	0,378	0,375	0,375	0,375	0,373

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

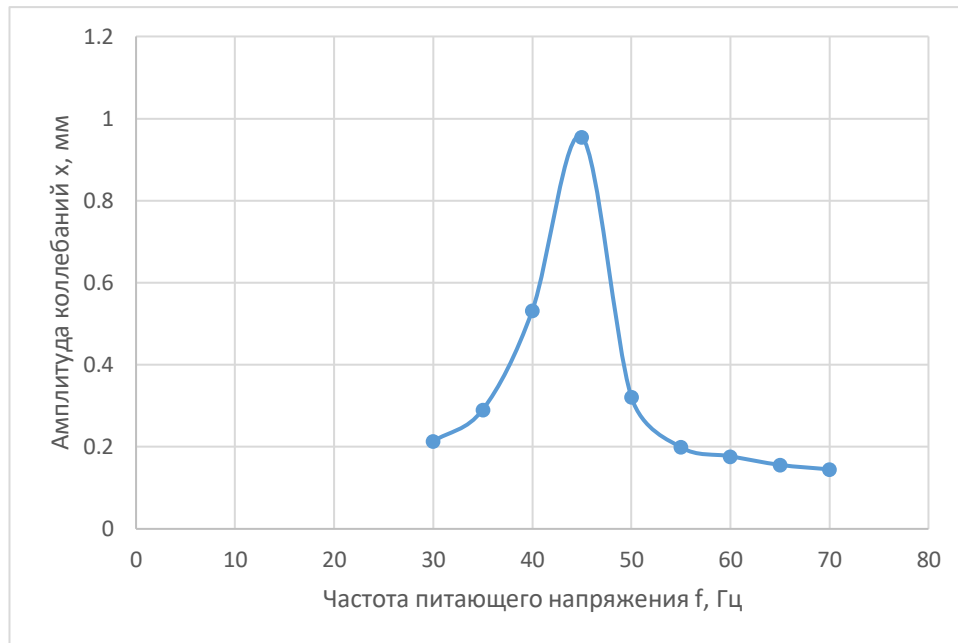


График 4.1.1 Зависимость амплитуды колебаний активатора от частоты при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

Как видно из графика на рисунке 4.1.1 при значении $R_{мех} = 100$ Н·с/м резонанс наступает на частоте питающего напряжения 47 Гц. Также, отметим, что при данной частоте наблюдается наибольшее значение производительности активации.

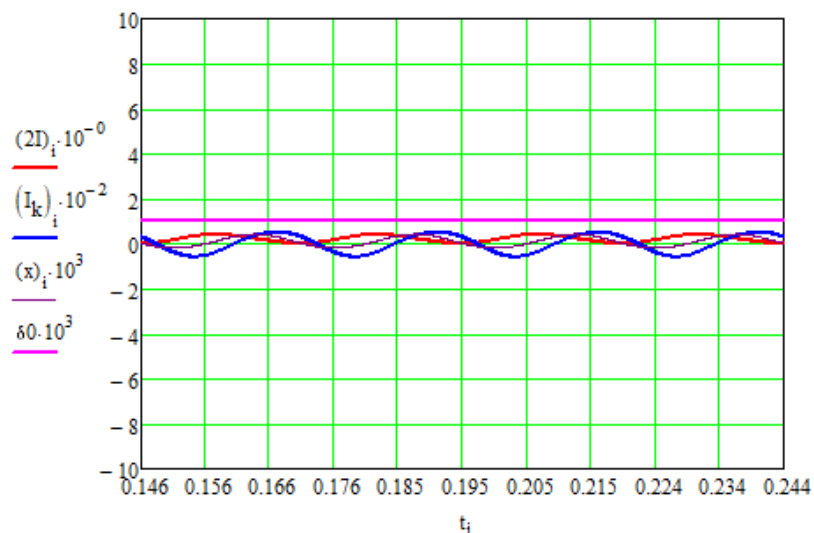


Рисунок 4.1.1 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

В таблице 4.1.2 представленный расчетные данные при механическом сопротивлении $R_{m0} = 500$ кг/с и с частотой питающего напряжения изменяющейся в диапазоне $f=30\dots70$ Гц, с шагом 5 Гц.

Таблица 4.1.2

$f, \text{Гц}$	30	35	40	45	50	60	70
$R_{m0}, \text{кг/с}$	500	500	500	500	500	500	500
$x, \text{мм}$	1,826	1,962	2,109	2,2	2,147	2,09	1,85
$Q_{\text{акт}}, \text{м}^3/\text{час} \cdot 10^{-3}$	0,2	0,265	0,3868	0,508	0,501	0,305	0,252
$U, \text{В}$	165	192,5	220	250,25	275	308	385
$I_d, \text{А}$	2,25	2,272	2,361	2,58	2,809	2,8	2,8

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

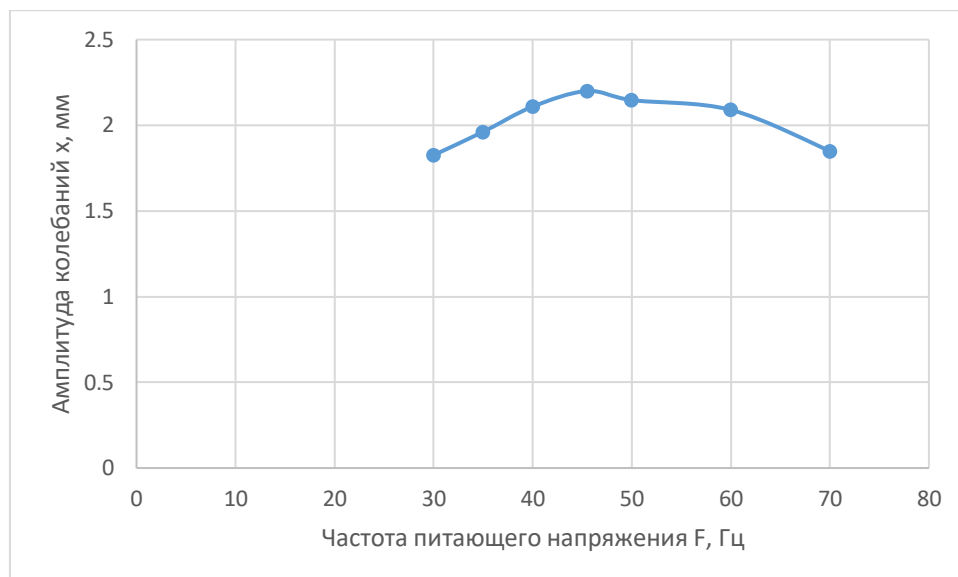


График 4.1.2. Зависимость амплитуды колебаний активатора от частоты при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

Как видно из графика 2 при значении $R_{мех} = 500$ Н·с/м резонанс наступает на частоте питающего напряжения 45 Гц.

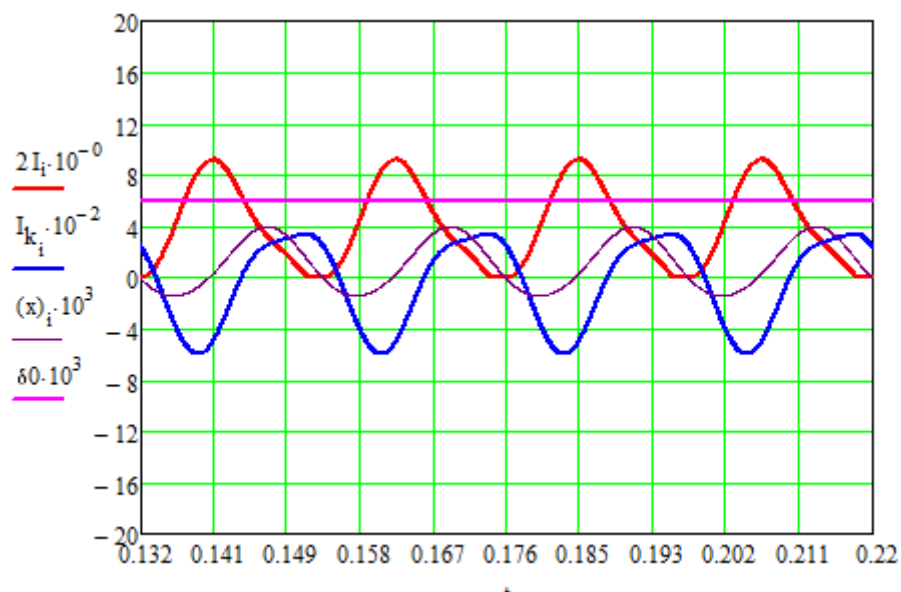


Рисунок 4.1.2 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м.

Из проделанных расчетов видно, что значения амплитуды колебаний и начального воздушного зазора отличаются. Следовательно, необходимо подкорректировать значение начального воздушного зазора.

4.2 Корректировка величины начального зазора

Для найденного значения резонансной частоты корректируется величина начального зазора с требованием обеспечения равенства амплитуды колебаний и величины начального зазора.

Расчет начнем производить при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 = 0.01$ м, а также с относительной магнитной проницаемостью стали $\mu = 1350$ (Ст. 3).

В таблице 4.2.1 представлены расчетные данные при механическом сопротивлении $R_{m0} = 100$ кг/с и с частотой питающего напряжения изменяющейся в диапазоне $f=30\dots70$ Гц, с шагом 5 Гц.

Таблица 4.2.1

f, Гц	30	35	40	45	50,5	55	70
R_{m0} , кг/с	100	100	100	100	100	100	100
x, мм	1,936	2,19	2,894	4,555	6,689	4,836	1,535
$Q_{акт}$, м ³ /час	0,195	0,284	0,79	2,86	5,93	3,7	0,3
U, В	165	188	220	247,5	277,75	302,5	385
I _d , А	3,711	3,579	3,355	2,977	4,73	4,7	4,94

На основе полученных данных строим амплитудно-частотную характеристику.

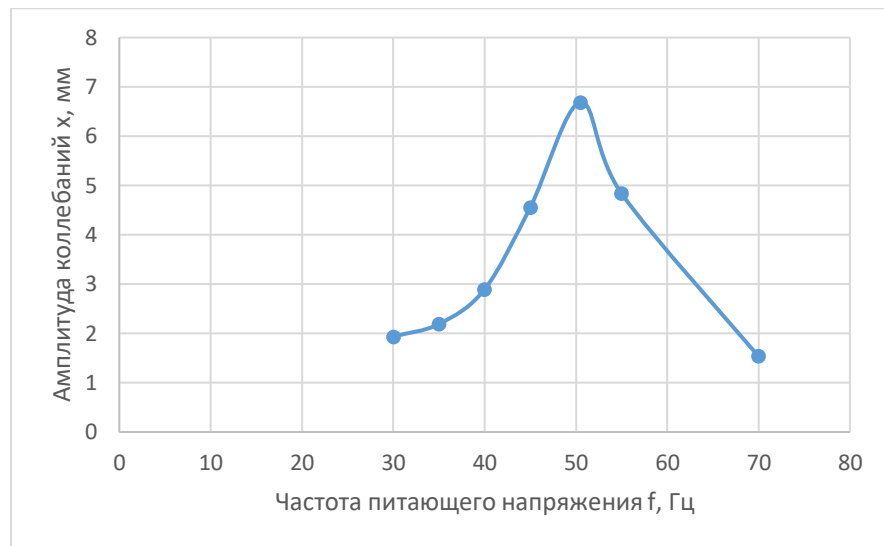


График 4.2.1 Зависимость амплитуды колебаний активатора от частоты при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м

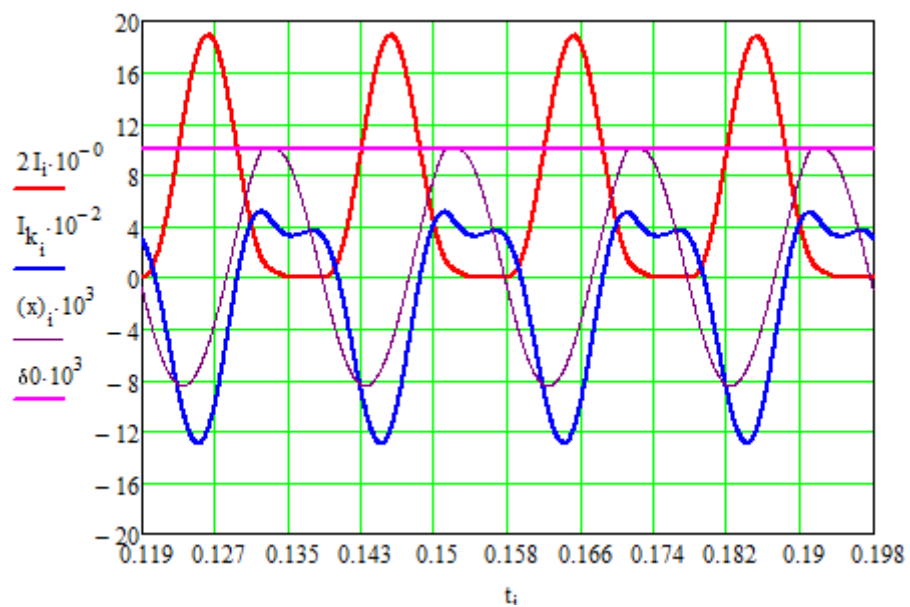


Рисунок 4.2.1 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м

В данном случае резонанс наблюдается при частоте $f=50,5$ Гц, при этом максимальная амплитуда колебаний активатора $x = 6.689$ мм, при этом же наблюдается максимальная производительность активации $Q_{акт} = 5.93$ м³/час. В случае, когда начальный зазор был равен $0,006$ м производительность активации была ниже $Q_{акт} = 0.059$ м³/час.

Расчет режимов для механического сопротивления $R_{m0} = 500$ кг/с при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 = 0.01$ м.

В таблице 4.2.2 представлены расчетные данные при механическом сопротивлении $R_{m0} = 500$ кг/с и с частотой питающего напряжения изменяющейся в диапазоне $f=30\dots70$ Гц, с шагом 5 Гц.

Таблица 4.2.2

f, Гц	30	40	41	42	42,5	55	70
R_{m0} , кг/с	500	500	500	500	500	100	100
x, мм	5,275	5,504	5,517	5,53	5,536	5,3	3,9
$Q_{акт}$, м ³ /час	2,5	3,53	3,63	3,72	3,762	3,2	1,97
U, В	285	380	389	399	403,7	427,5	665
I _d , А	4,163	4,682	4,821	4,981	5,07	5,01	7,7

На основе полученных данных строим амплитудно-частотную характеристику.

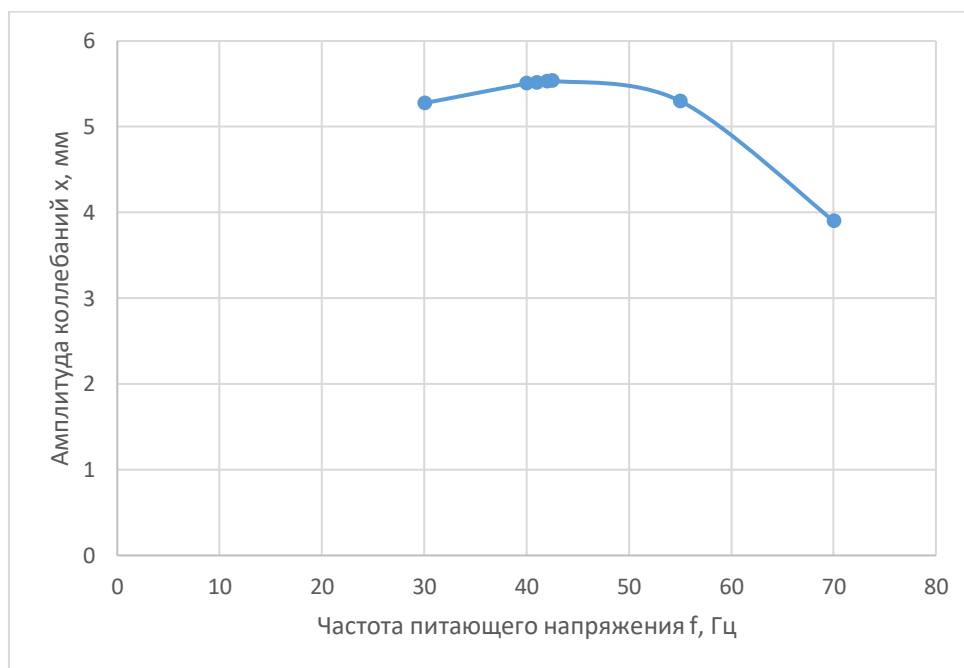


График 4.2.1 Зависимость амплитуды колебаний активатора от частоты при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

В данном случае резонанс наблюдается при частоте $f = 42,5$ Гц и максимальная амплитуда колебания $x = 5,536$ мм. Также отмечается максимальная производительность активации $Q_{акт} = 3,762$ м³/час. Действующее значение тока во время резонансной частоты не превышает допустимый ток.

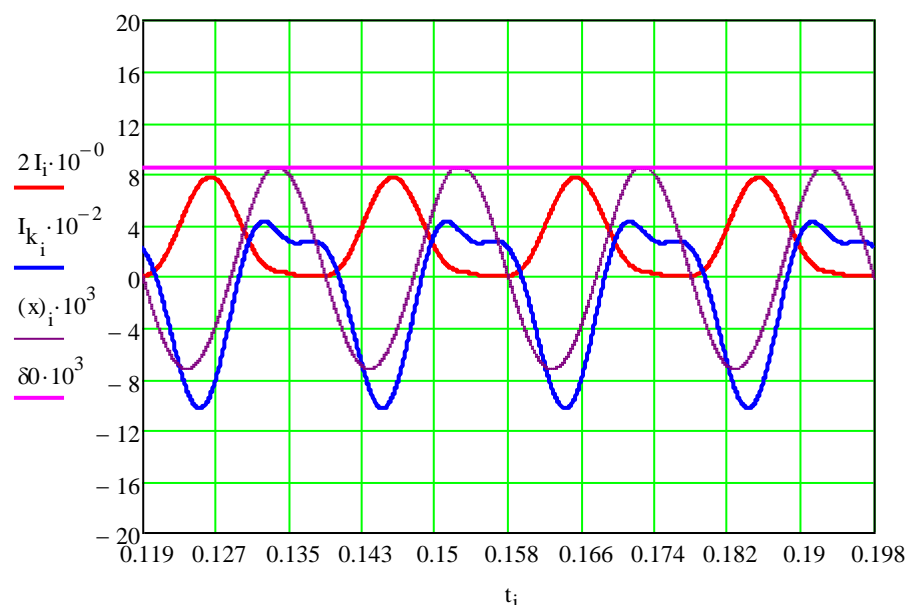


Рисунок 4.2.2 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

На графике 4.2.2 приведены расчётные кривые изменения основных переменных работы модуля ВСМА: ток в основной обмотке, амплитуда колебаний и ток в к.з. контуре. Как видно из графиков при $U=403$ В и на частоте $f= 42,5$ Гц амплитуда колебаний активатора становится равной начальному зазору, что обеспечивает максимальную производительность обработки нефти.

4.3 Анализ режима работ для других марок стали

Одной из задач квалификационной работы является выявление влияния выбираемой марки стали на производительность установки. Так как, выбиралась Ст.3 с относительной магнитной проницаемостью стали $\mu = 1350$, то теперь используем сталь с относительной магнитной проницаемостью

выше и ниже, для более наглядного влияния отличий, если они будут иметь место.

В качестве примера выбираем сталь марки Ст.10 с $\mu = 800$. Произведем расчет параметров

Активные сопротивления катушек:

$$R_1 = R_2 = R_k = 4.595 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление КЗ контура принимаем:

$$R_{кз} = \rho_{кз} \cdot \frac{l_{кз}}{S_{кз}} = 0.0002 \text{ Ом,}$$

где $\rho_{кз} = 0.047 \text{ Ом}^{-1}$ – проводимость короткозамкнутого витка,

$l_{кз} = 0.086 \text{ м}$ – длина короткозамкнутого витка,

$S_{кз} = 20 \text{ мм}^2$ – сечение короткозамкнутого витка.

Индуктивности катушек:

$$L_k = k \cdot \frac{\mu_{ст.} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot N^2}{l + \delta_{\Sigma} \cdot \frac{\mu_{ст}}{\sigma}} = L1 = \frac{\mu(1) \cdot \mu_0 \cdot W^2 \cdot S_{пол}}{k1 \cdot (2 \cdot (\delta_0 + L_m)) + 10 \cdot \Delta l} =$$

$$= \frac{800 \cdot 1.257 \cdot 10^{-6} \cdot (1600)^2 \cdot 1.25 \cdot 10^{-3}}{4.5 \cdot (2 \cdot (0.006 + 0.547)) + 10 \cdot 0.002} = 0.62(\text{Гн}) \quad (4.3.1)$$

где: $N=1600$ – число витков катушки;

$l = 0.547 \text{ м}$ – длина средней линии магнитопровода;

$S = 45 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 900 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения сердечника;

$\delta_{\Sigma} = x_0 + 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м} + 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – величина воздушного зазора;

$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$ – магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_{ст} \approx 800$ – относительная магнитная проницаемость стали;

$\sigma = 1,5$ – коэффициент рассеивания;

$k=1$ – коэффициент, учитывающий отношение длины намотки к диаметру соленоида ($l / d \gg 10$).

Далее приведен расчет и построение амплитудно-частотных характеристик. Расчет произведен при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 = 0,006 \text{ мм}$ и при механическом сопротивлении $R_{m0} = 100 \text{ кг/с}$.

Таблица 4.3.1

f, Гц	30	35	40	45	50	60	70
Rm0, кг/с	100	100	100	100	100	100	100
x, мм	0,2123	0,2891	0,5302	0,9524	0,3207	0,1455	0,1253
Qакт, м³/час	0,001	0,003	0,016	0,058	0,007	0,008	0,004
U, В	132	154	176	198	220	264	308
Id, А	0,37	0,369	0,361	0,401	0,399	0,394	0,39

По данным таблицы 4.3.1 строим характеристику

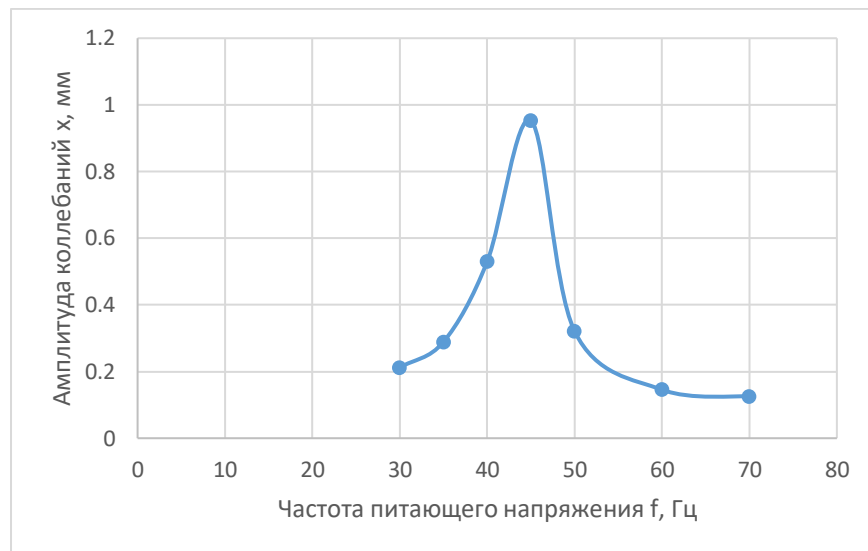


График 4.3.1 Амплитудно-частотная характеристика при $Rm0=100$ кг/с,
 $\Delta X_0 = 0.006$ м

В данном случае резонанс наступает при частоте $f = 45$ Гц. При этом наблюдается наибольшая производительность активации.

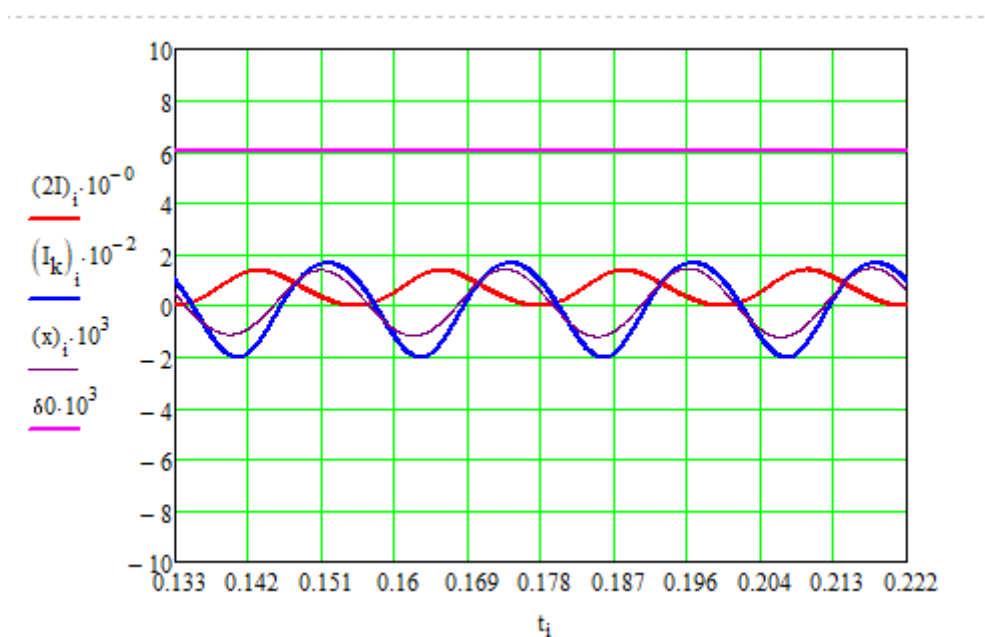


Рисунок 4.3.1 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м.

Для данного исследования корректируем величину напряжения при $\Delta X_0 = 0,01$ мм и проведем аналогичные исследования. Данные представлены в таблице 4.3.2

Таблица 4.3.2

f, Гц	30	35	40	45	50	60	70
R_{m0} , кг/с	100	100	100	100	100	100	100
x, мм	0,2259	0,3045	0,5568	0,6772	0,3333	0,275	0,125
$Q_{акт}$, м ³ /час	0,041	0,136	0,664	0,763	0,374	0,25	0,04
U, В	132	154	176	198	220	264	308
I _d , А	0,134	0,13	0,12	0,157	0,157	0,15	0,151

Строим график амплитудно-частотных характеристик на основе данных таблицы 4.3.2.

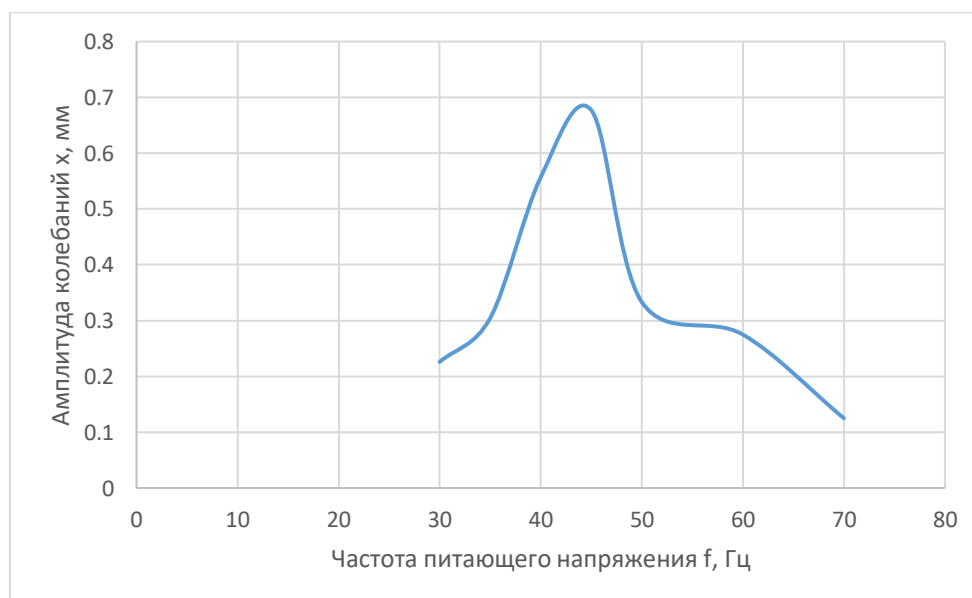


График 4.3.2 Амплитудно-частотные характеристики при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

В данном случае резонанс наступает при частоте $f = 45$ Гц. При этой частоте производительность активации $Q_{акт} = 0,763$ м³/час.

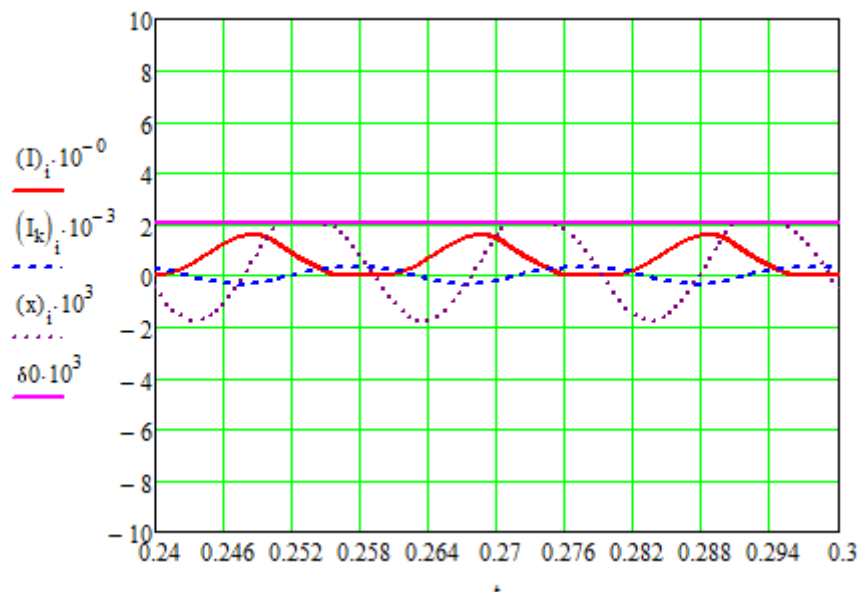


Рисунок 4.3.2 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

Вывод:

При использовании стали 3 и после корректирования зазора производительность активации была больше, чем при использовании стали марки 10, у которой относительная магнитная проницаемость ниже. Исследования были произведены при механическом сопротивлении $R_{m0} = 100$ кг/с, для более наглядного решения данного вопроса, так как при большем механическом сопротивлении уменьшается производительность.

Следующим шагом будет выбор стали с показателями относительной магнитной проницаемостью выше, чем у стали 3. В качестве такого примера выбираем электротехническую сталь марки Ст. 2312, у которой $\mu = 3300$.

После произведения аналогичного расчета электрических параметров, как для стали Ст. 2312, перейдем сразу к построению характеристик.

Далее приведен расчет и построение амплитудно-частотных характеристик. Расчет произведен при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 =$

0,006 мм и при механическом сопротивлении $R_{m0} = 100$ кг/с. Данные записаны в таблице 4.3.3.

Таблица 4.3.3

f, Гц	30	35	40	50	60	70
R_{m0} , кг/с	100	100	100	100	100	100
x, мм	2,122	2,396	3,106	4,174	2,791	1,66
$Q_{акт}$, м ³ /час	0,75	1,05	2,69	3,52	3,4	1,2
U, В	165	192,5	220	275	330	385
I _d , А	1,994	1,824	1,604	2,789	3,647	3,139

На основе полученных данных строим характеристику.

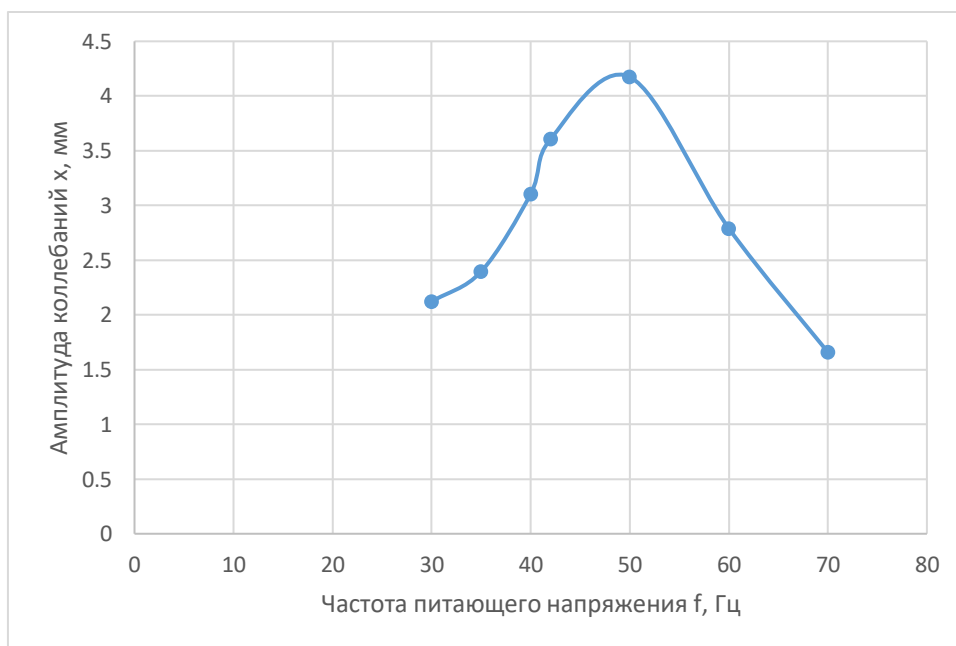


График 4.3.3 Амплитудно-частотная характеристика при $R_{m0}=100$ кг/с,
 $\Delta X_0 = 0.006$ м.

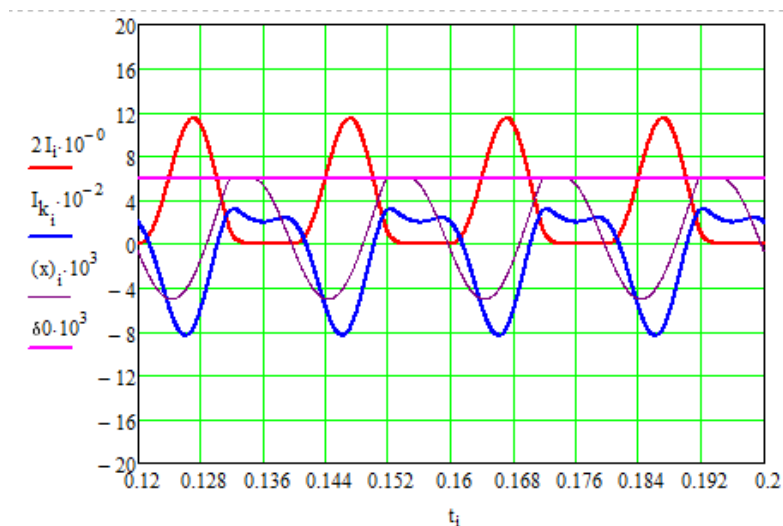


Рисунок 4.3.3 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

В данном случае получается, что резонанс наступает при частоте $f = 50$ Гц, при этом $Q_{акт} = 3,52$ кг/с, что выше, чем у стали 3 при данной частоте и величине зазора.

Для корректировки, чтобы устройство работало при величине тока близкой к допустимому, изменим величину воздушного зазора на $\Delta X_0 = 0,01$ мм. Рассчитаем данные и занесем в таблицу 4.3.4.

Таблица 4.3.4

f, Гц	30	40	45	50	60	70
R_{m0} , кг/с	100	100	100	100	100	100
x , мм	1,95	2,911	4,576	6,684	2,6	1,546
$Q_{акт}$, м ³ /час	0,36	0,8	2,9	5,88	1,2	0,312
U, В	165	220	247,5	275	330	385
I_d , А	3,581	3,217	2,845	4,227	5,01	4,798

На основе полученных данных строим характеристику.

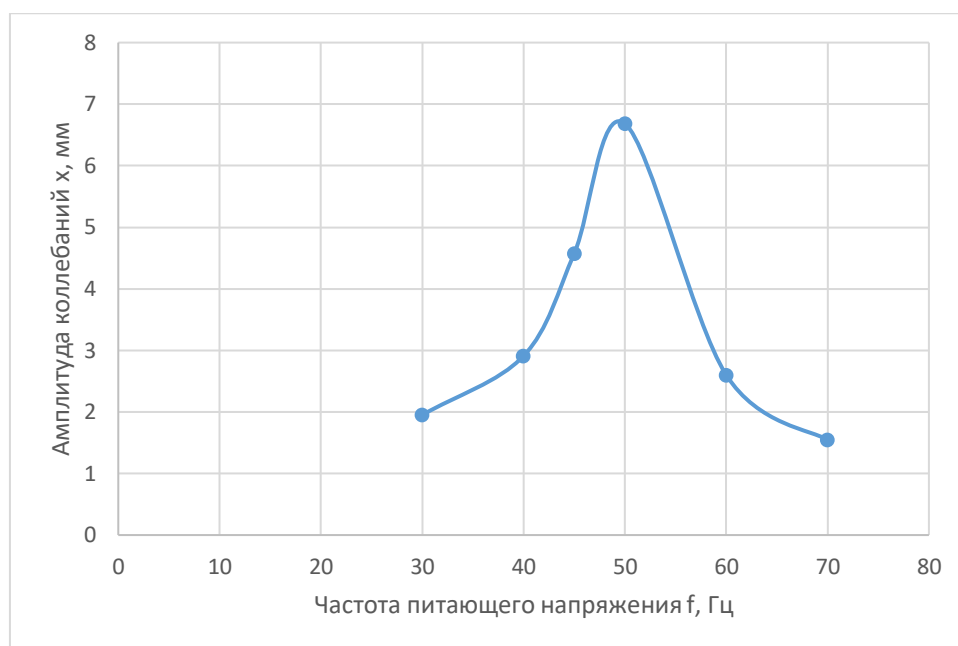


График 4.3.4 Амплитудно-частотная характеристика при $Rm0=100$ кг/с,
 $\Delta X_0 = 0.01$ м.

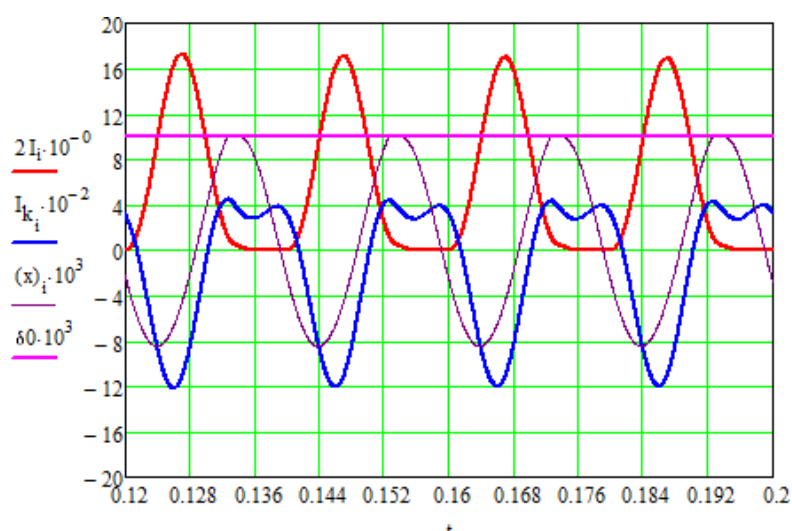


Рисунок 4.3.4 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $Rm0=100$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

В данном случае резонанс наступает при частоте $f = 50$ Гц, также наблюдается максимальная производительность.

Произведем аналогичный анализ для стали Ст 2312 при $Rm0 = 500$ кг/с с учетом зазора $\Delta X_0 = 0,006$ мм. Данные будут приведены в таблице 4.3.5.

Таблица 4.3.5

f , Гц	30	35	40	46	50	60	70
----------	----	----	----	----	----	----	----

Rm0, кг/с	500	500	500	500	100	100	100
x, мм	1,841	1,977	2,123	2,214	2,159	1,756	1,446
Qакт, м³/час	0,214	0,2706	0,395	0,5233	0,51	0,2834	0,184
U, В	165	192,5	220	253	275	330	385
Id, А	2,112	2,133	2,223	2,468	2,672	2,943	2,937

По данным строим амплитудно-частотную характеристику.

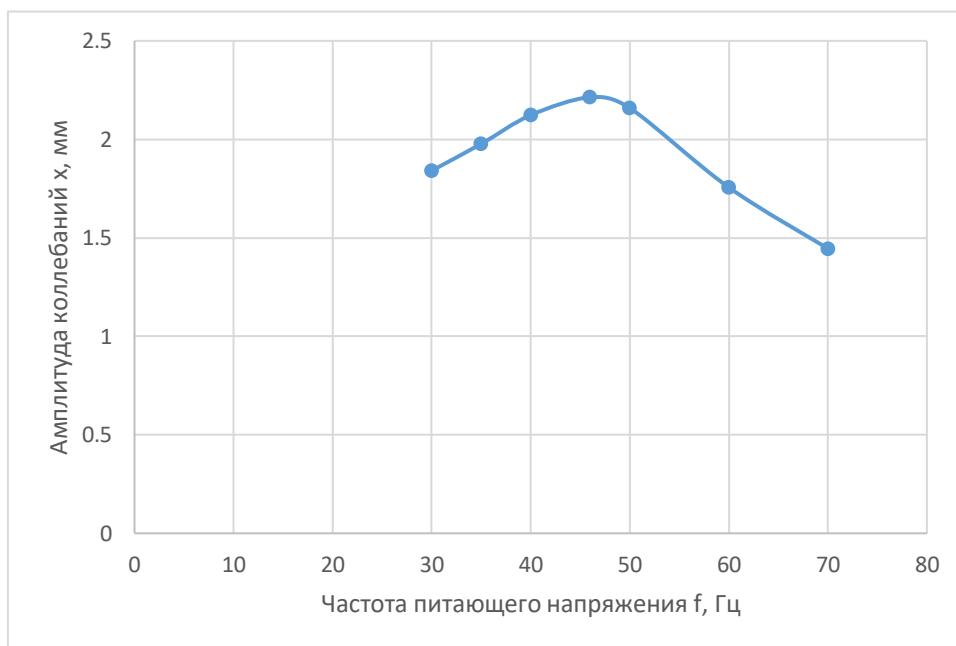


График 4.3.5. Амплитудно-частотная характеристика при $Rm0=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

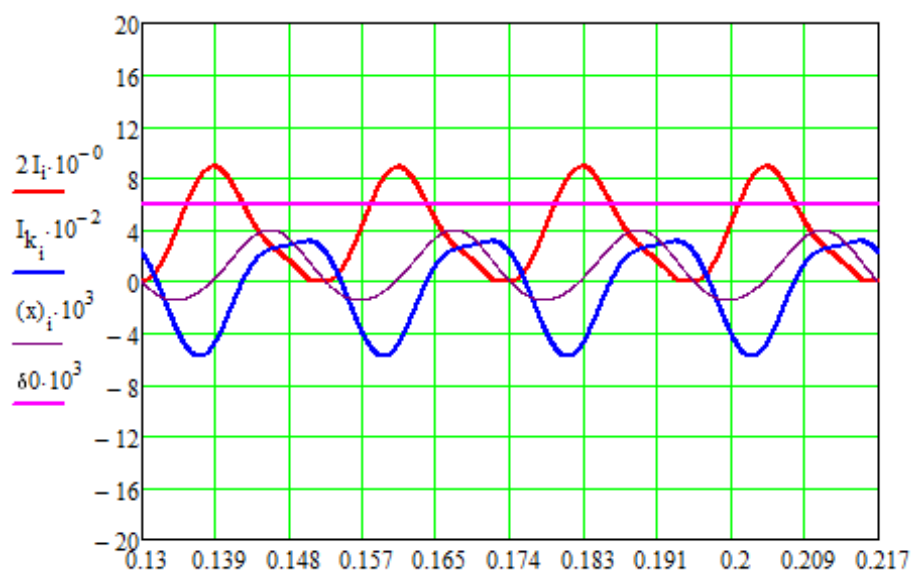


Рисунок 4.3.5 Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.006$ м

В данном случае резонанс наступает при частоте $f = 46$ Гц, также наблюдается максимальная производительность активации $Q_{акт} = 0,5233$ м³/час, что не сильно отличается при использовании стали марки 3. Для работы устройства при токах, близких к допустимому, скорректируем величину воздушного зазора, что и приведет к увеличению производительности активации. В качестве начального зазора принимаем $\Delta X_0 = 0,01$ м. Данные расчета представлены в таблицу 4.3.6.

Таблица 4.3.6.

f, Гц	30	40	46	50	55	60	70
R _{m0} , кг/с	500	500	500	500	500	500	500
x, мм	3,983	4,379	4,504	4,585	4,323	4,126	2,935
Q _{акт} , м ³ /час	2,097	2,844	3,03	4,1	3,2	2,78	1,8
U, В	270	360	414	450	475	498	525
I _d , А	2,922	3,221	4,01	4,85	4,8	4,7	4,4

По данным строим амплитудно-частотную характеристику.

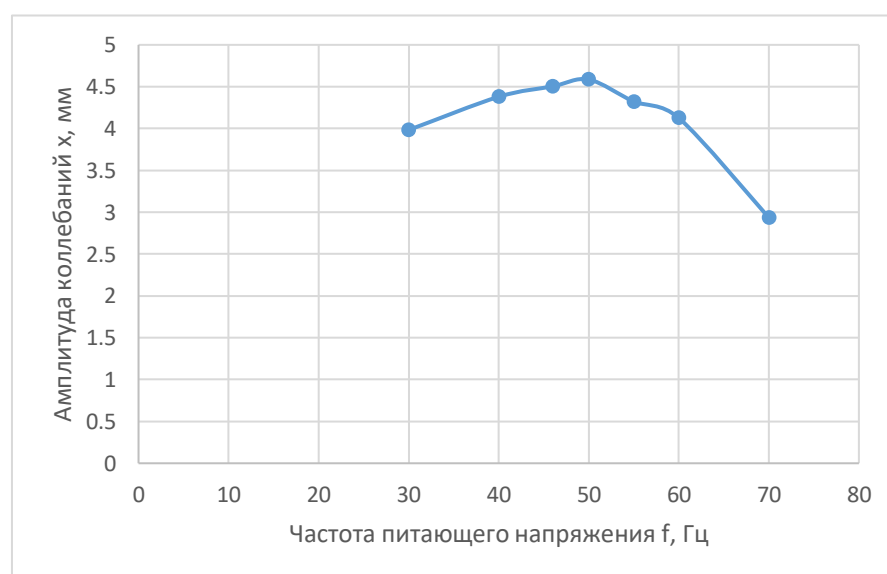


График 4.3.5. Амплитудно-частотная характеристика при $R_{m0}=500$ кг/с, $\Delta X_0 = 0.01$ м.

По результатам исследования можно сделать вывод, что резонансная частота наступает при $f = 50$ Гц и в этот же момент наблюдается максимальная производительность активации $Q_{акт} = 4,1$ м³/час, что выше, чем при зазоре 0,006 м. Также, у выбранной стали производительность активации немного выше, чем у стали 3.

Вывод:

Из проделанных расчетов можно сделать вывод, что при использовании электротехнической стали производительность активации - возрастает, но разница при этом не очень большая, чем при использовании Ст. 3. При использовании Ст. 3 с $\mu = 1350$ и $R_{m0} = 100$ кг/с при постоянном воздушном зазоре $\Delta X_0 = 0.01$ м производительность активации $Q_{акт} = 6,689$ м³/час. При использовании же электротехнической стали Ст. 2312 с $\mu = 3300$ с такими же параметрами $Q_{акт} = 5,88$ м³/час. При механическом сопротивлении $R_{m0} = 500$ кг/с при использовании Ст. 3 с параметрами воздушного зазора $\Delta X_0 = 0.01$ м $Q_{акт} = 3,762$ м³/час, при $R_{m0} = 500$ кг/с – $Q_{акт} = 4,1$ м³/час.

Следовательно, Ст. 3 подходит для изготовления устройства ВСМА не хуже, чем электротехнические стали. Преимуществом же использования Ст. 3 является тот факт, что стоимость её значительно меньше чем электротехническая сталь.

ГЛАВА 5. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА УСТАНОВКИ

5.1 Схема подключения

Элементами схемы подключения в данной работе являются:

- Виброактиватор
- Преобразователь частоты
- Блок питания (включает в себя диод и автоматический выключатель)

Общая схема подключения представлена на рисунке 5.1.1.

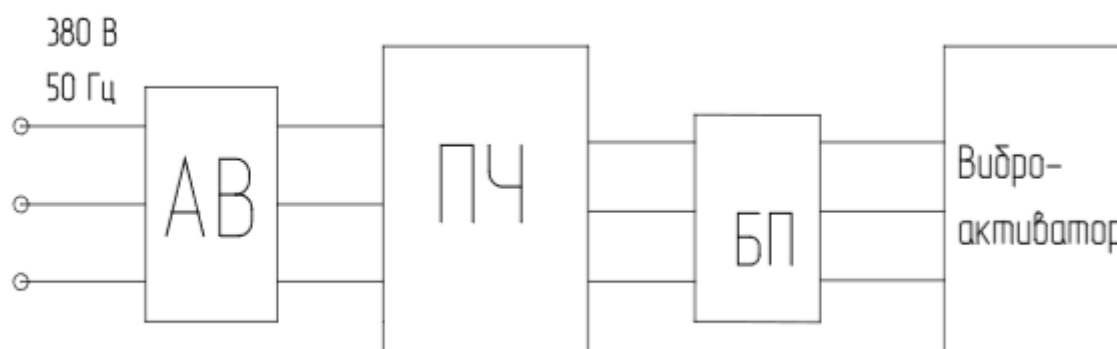


Рисунок 5.1.1. Схема подключения виброактиватора

5.2 Выбор преобразователя частоты

Выбор частотного преобразователя и автоматического выключателя осуществляется по данным, полученным в результате расчёта режимов работы виброактиватора на математической модели. Исходными данными для этого являются величина тока, напряжение, подаваемое на обмотки виброактиватора и частота напряжения.

Из расчетов, представленных выше, установлено, что полный вариант устройства состоит из 12 модулей ВСМА. В каждой фазе подключено по 4 модуля.

В каждой фазе по 4 МВО с током потребления не менее 4,5 А. Итого на фазу получается в номинальном режиме около 20 А. С учётом запаса максимальный ток преобразователя должен быть порядка (45-50) А.

Диапазон напряжений, который необходимо обеспечить для регулирования режимов работы виброактиватора, составляет от 315 до 735 В.

Для обеспечения резонансного режима работы обработки виброактиватором необходимо менять частоту питающего напряжения в диапазоне от 30 до 70Гц.

По рассчитанным данным выбираем преобразователь частоты марки **ОМЕГА-2-22** серии **ПЧ-ТТПТ-50-380-50-2-УХЛ4**.



Рисунок 5.2.1. Внешний вид преобразователя частоты марки **ОМЕГА-2-22** серии **ПЧ-ТТПТ-50-380-50-2-УХЛ4**.

В таблице 5.2.1 представлены характеристики ПЧ.

Таблица 5.2.1.

Наименование параметра	Величина
Максимальная выходная мощность	22 кВт
Максимальный ток нагрузки	50 А
Номинальное напряжение на входе	380 В
Частота питающей сети	50/60 ± 5% Гц

Диапазон регулирования частоты	1-400
Вес	36 кг

5.3 Выбор диодов

Для обеспечения работы виброактиватора на частоте 70 Гц выбираем диод марки **1N1197**. Параметры диода:

- $U_{\max} = 750 \text{ В}$
- $I_{\max} = 50 \text{ А}$
- $F_{\max} = 30 \text{ кГц}$



Рисунок 5.3.1 Внешний вид диода **1N1197**

5.4 Выбор автоматического выключателя

В схеме подключения виброактиватора, как и любого электротехнического устройства, должен быть предусмотрен автоматический выключатель. Исходя из параметров работы виброактиватора для его подключения к промышленной сети выбираем автоматический выключатель типа **ВА57-31-340010-50А-800-690АС-УХЛЗ-КЭАЗ**.

Параметры представлены в таблице 5.4.1

Таблица 5.4.1

Количество полюсов	3Р
Номинальный ток	50 А

Отключающая способность	40 кА
Номинальное напряжение	750 В

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Л	Рындин Илья Анатольевич

Школа	ИШЭ	Отделение	ЭПЭО
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/Электроприводы и системы управления электроприводов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад инженера 9р – 17000 руб. Оклад НР – 26300 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации – 20 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальные отчисления – 30 %

Список вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Планирование работ и их временной оценки
2. Разработка устава научно-технического проекта	Смета затрат на проектирование
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Смета затрат на оборудование
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Анализ полученных результатов

Список графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Фигурко А.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Рындин Илья Анатольевич		

ГЛАВА 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Существует проблема транспортировки тиксотропных жидкостей, которая является проблемой для многих производственных отраслей, особенно для транспорта высоковязких нефтепродуктов. Но экспериментальным путем, эти проблемы можно решить. Разработка промышленных образцов обработки тиксотропных жидкостей, использующих технологию виброструйной магнитной активации, требует проведение лабораторных исследований для выработки практических рекомендаций при проектировании таких установок. В диссертации будет спроектирована лабораторная установка активации вязких нефтепродуктов, разработана её математическая модель. Анализ режимов работы лабораторной установки, выполненный на математической модели, позволит сформулировать практические рекомендации для оптимизации режимов её работы.

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках магистерской диссертации, при этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

6.1. Организация работ по НИР

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического задания;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения работ.

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. На каждый вид

запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителя.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Продолжительность выполнения работ, дней
Разработка технического задания и его выдача	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер 9р	1
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер 9р	25
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер 9р	2
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер 9р	3
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер 9р	15
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер 9р	13
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер 9р	1
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер 9р	10
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер 9р	38
	10	Проверка полученных результатов	Научный руководитель, инженер 9р	2

Всего 110 дн., в том числе НР 8 дн.

НР участвует в проекте 7%.

6.2 Расчет затрат на научно-техническое проектирование

Таблица 6.2 – Месячный оклад работников

№	Проектная группа	Оклад
1	Инженер 9р	17000
2	Научный руководить	26300

Смета затрат на проект ($K_{пр}$) включает в себя материальные затраты, амортизацию, затраты на заработную плату, на социальные нужды, прочие и накладные затраты.

$$K_{пр} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл}, \text{ где} \quad (6.1)$$

$K_{мат}$ – материальные затраты;

$K_{мат}$ – затраты на амортизацию;

$K_{з/пл}$ – затраты на заработную плату;

$K_{с.о}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$ – прочие затраты;

$K_{накл}$ – накладные затраты.

Материальные затраты

Материальные затраты - это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции, принимаем в размере 1000руб. на канцелярские товары.

6.2.1 Затраты на амортизацию

Амортизация, это процесс переноса стоимости основных средств на стоимость произведенной и проданной конечной продукции по мере их износа, как материального, так и морального.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \text{ где} \quad (6.2)$$

$T_{исп.кт}$ – время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$ – календарное время (365дней);

$C_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники (14000 руб);

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники (5 лет).

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{40}{365} \cdot 14000 \cdot \frac{1}{5} = 307 \text{ руб}$$

6.2.2 Затраты на заработную плату

Заработная плата – вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные и стимулирующие выплаты.

ЗП исполнителей в месяц с учетом коэффициентов K_1 и K_2 :

$$ЗП_{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ где (6.2.3)}$$

$ЗП_0$ – месячный оклад работника;

$K_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

$K_2 = 1,3$ – районный коэффициент (30%).

$$ЗП_{\text{мес(инж)}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб/ мес};$$

$$ЗП_{\text{мес(НУ)}} = 25 \cdot 300 = 7500 \text{ руб/ мес}.$$

В месяце 21 рабочий день. Тогда заработная плата $ЗП_{\text{ор}}$ каждого участка в соответствии план-графиком:

$$ЗП_{\text{ор}} = \frac{ЗП_{\text{мес}}}{21} \cdot n, \text{ где (6.2.4)}$$

n – количество дней в проекте.

$$ЗП_{\text{ор}} = \frac{24310 \cdot 110}{21} = 127300 \text{ руб};$$

$$ЗП_{\text{ор}} = 25 \cdot 300 = 7500 \text{ руб}.$$

Основные затраты на заработную плату исполнителей за весь период работы составит:

$$K_{3/ПЛ} = ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{нр}} = 127300 + 7500 = 134800 \text{ руб. (6.2.5)}$$

6.2.3 Затраты на социальные нужды

Затратами на социальные нужды являются:

- Добровольные и обязательные взносы в органы государственного страхования

- Взносы в пенсионный фонд
- Взносы в медицинский фонд страхования
- Затраты на социальные нужды (отчисления) берем 30% от $K_{з/пл}$.

$$K_{с.о.} = \frac{K_{з/пл} \cdot 30\%}{100\%} = \frac{134800 \cdot 30}{100} = 40440 \text{ руб.} \quad (6.2.6)$$

6.2.4 Прочие затраты

Прочие затраты, принимаются в размере 10% от суммы: материальных затрат, затрат на амортизацию, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$\begin{aligned} K_{пр} &= \frac{(K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{з/пл} + K_{с.о.}) \cdot 10\%}{100\%} = \\ &= \frac{(1000 + 307 + 134800 + 40440) \cdot 10}{100} = 17655 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.2.7)$$

6.2.5 Накладные затраты

Накладными затратами являются - затраты, которые не связаны напрямую с производством отдельного изделия или вида работы, которые не на весь выпуск продукции. К данной категории относятся : расходы на обслуживание сооружений, зданий и оборудования; социальное страхование; содержание и заработную плату административно-управленческого персонала; расходы, связанные с потерями от брака и простоев и др. Накладные расходы, принимаются в размере 16% от $K_{з/пл}$.

$$K_{\text{накл}} = \frac{K_{з/пл} \cdot 16\%}{100\%} = \frac{134800 \cdot 16}{100} = 21570 \text{ руб.} \quad (6.2.8)$$

Смета затрат на проект:

$$\begin{aligned} K_{\text{пр}} &= K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}} = \\ &= 1000 + 307 + 134800 + 40440 + 17655 + 21570 = 215775 \text{ руб} \end{aligned} \quad (6.2.9)$$

Смета затрат на проект представлена в таблице 3.

Таблица 6.3 – Результаты полученных данных

№	Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	Материальные затраты	1000
2	Амортизация компьютерной техники	307
3	Затраты на заработную плату	134800
4	Затраты на социальные нужды	40440
5	Прочие затраты	17655
6	Накладные расходы	21570
	Итого:	215775

5.2. Смета затрат на оборудование и монтажные работы

Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Количество, шт	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, руб
ПК	1	14000	14000
Преобразователь частоты	1	22000	22000
Электромагнит	1	5362,5	5362,5
Диод	1	1180	1180
Автоматический выключатель	1	889	889
Итого	5	43431,5	43431,5

Чтобы посчитать монтажные работы ($M_{\text{раб}}$), берем 20% от стоимости оборудования.

$$M_{\text{раб}} = \frac{C_o \cdot 20\%}{100\%} = 43431,5 \cdot 0,2 = 8686,3 \text{ руб.}, (6.3.1)$$

где C_o – общая стоимость оборудования.

Полную стоимость оборудования вместе с монтажом рассчитаем и запишем ниже:

$$C_{\text{изд}} = C_o + M_{\text{раб}} = 43431,5 + 8686,3 = 52117,8 \text{ руб}$$

Принимаем

$$C_{\text{изд}} = 52200 \text{ руб}$$

Количество изделий, которые используются в проекте

$$n_{\text{изд}} = 12$$

Следовательно, стоимость проекта будет составлять

$$C_{\text{пр}} = n_{\text{изд}} \cdot C_{\text{изд}} = 12 \cdot 52200 = 626400 \text{ руб}$$

В процессе исследования, была спроектирована установка резонансного типа для тиксотропных жидкостей. Устройство установки позволяет уменьшить временные затраты на проведение эксперимента за счет мобильности устройства и простоты эксплуатации.

Активатор является основной частью лабораторной установки. Он закреплен на корпусе с помощью регулируемых узлов крепления и пружин на заданном расстоянии от стенки кюветы, прилегающей к полюсам магнитопровода. На пластине активатора установлены специальные отверстия, через которые нефтепродукт или другая обрабатываемая жидкая среда, заключенные в пространстве между активатором и стенкой оболочки, проходит через них образуя затопленные струи. Изменения конструкции активатора, приводит к увеличению производительности установки на 22%, а также к увеличению амплитуды колебаний на 15%.

Данная установка позволяет сократить потребление электроэнергии за счет реализации в нем резонансно-колебательного режима работы, характеризующегося малым потреблением энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

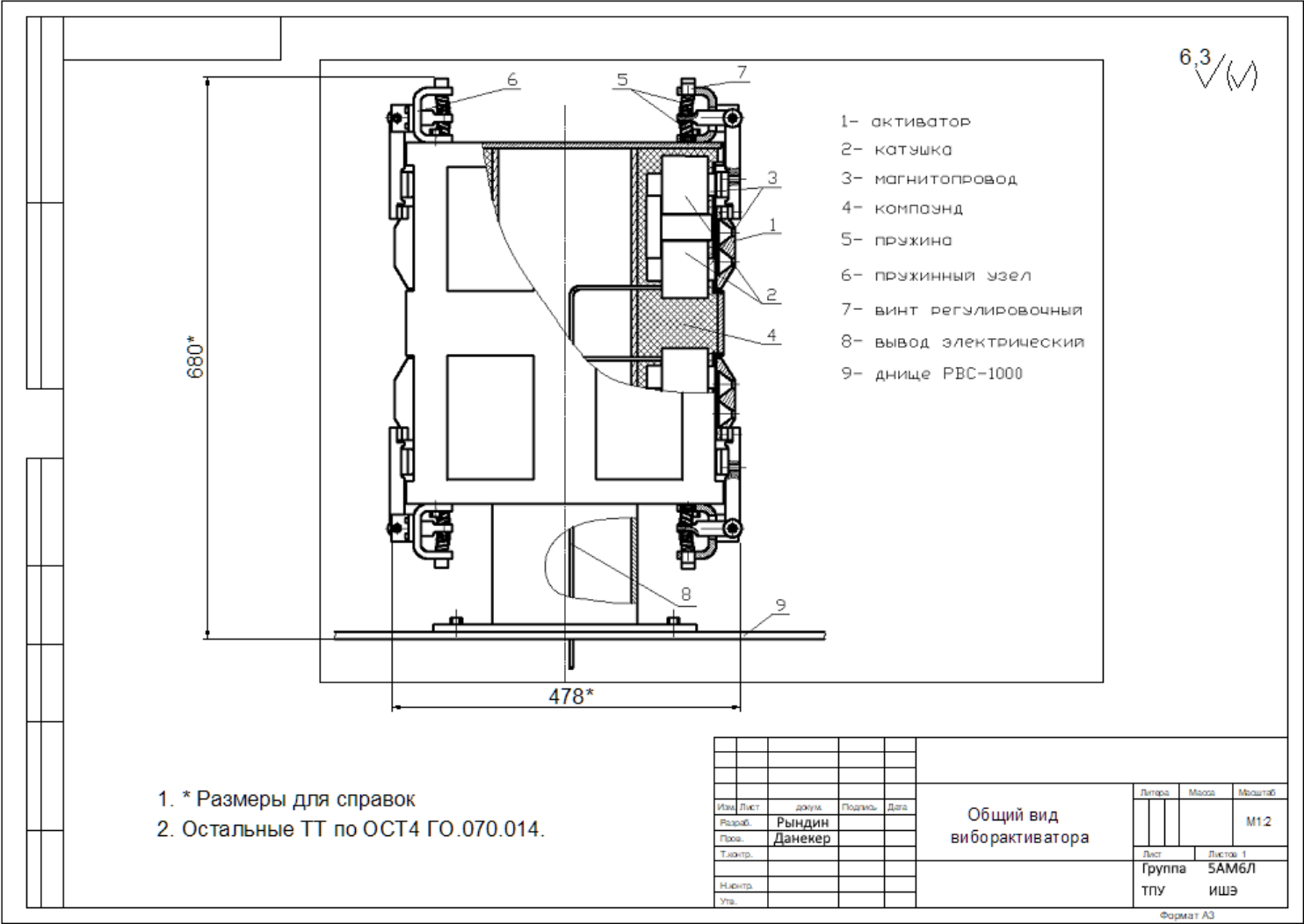
В результате проделанной работы по разработке электропривода подготовки нефти к переработке следует сделать следующие выводы:

- Использование оборудования на основе технологий ВСМА увеличивает процент выхода светлых фракций при переработке нефти до 90%.
- Разработана математическая модель, позволяющая произвести оценку преимуществ конструкции при применении различных видов стали.
- При изготовлении устройства можно использовать электротехническую сталь (рассматривалась Ст. 2312), а также можно использовать Ст. 3, которая немного уступает в производительности устройства, но это будет экономически выгодно при изготовлении.
- Рекомендуемый начальный воздушный зазор при настройке устройства ВСМА следует выбирать равным $\Delta X_0 = 0.01$ м, т.к. при нем можно добиться максимальной производительности активации.
- Для достижения максимальной производительности активации, также необходимо использовать частотный преобразователь. С его помощью необходимо регулировать частоту и величину питающего напряжения $f = 40...55$ Гц и $U = 220...450$ В.
- Выбранные устройства защиты данного оборудования (автоматический выключатель и диоды), позволяют произвести подключение установки ВСМА в схему подготовки нефти для технологического процесса мини-НПЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://nouprom-npz.ru>
2. <https://blending.globecore.ru/hydrodynamic/>
3. <http://utinlab.ru/articles/obrabotka-nefti-i-nefteproduktov>
4. <http://www.linaz.ru/>
5. <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/29848/1/TPU199250.pdf>
6. Основы виброструйной магнитной активации жидких сред / В. А. Данекер, В. В. Доленко // ТПУ. — Томск: Изд-во ТПУ, 2000
7. Система управления виброструйным электромеханическим преобразователем / А. С. Глазырин, В. А. Данекер / Томский политехнический университет. — 2002.
8. https://www.mirpruzhin.ru/raschet_prugin_sgati/
9. <https://neftegaz.ru/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

$6,3 \sqrt{(\vee)}$

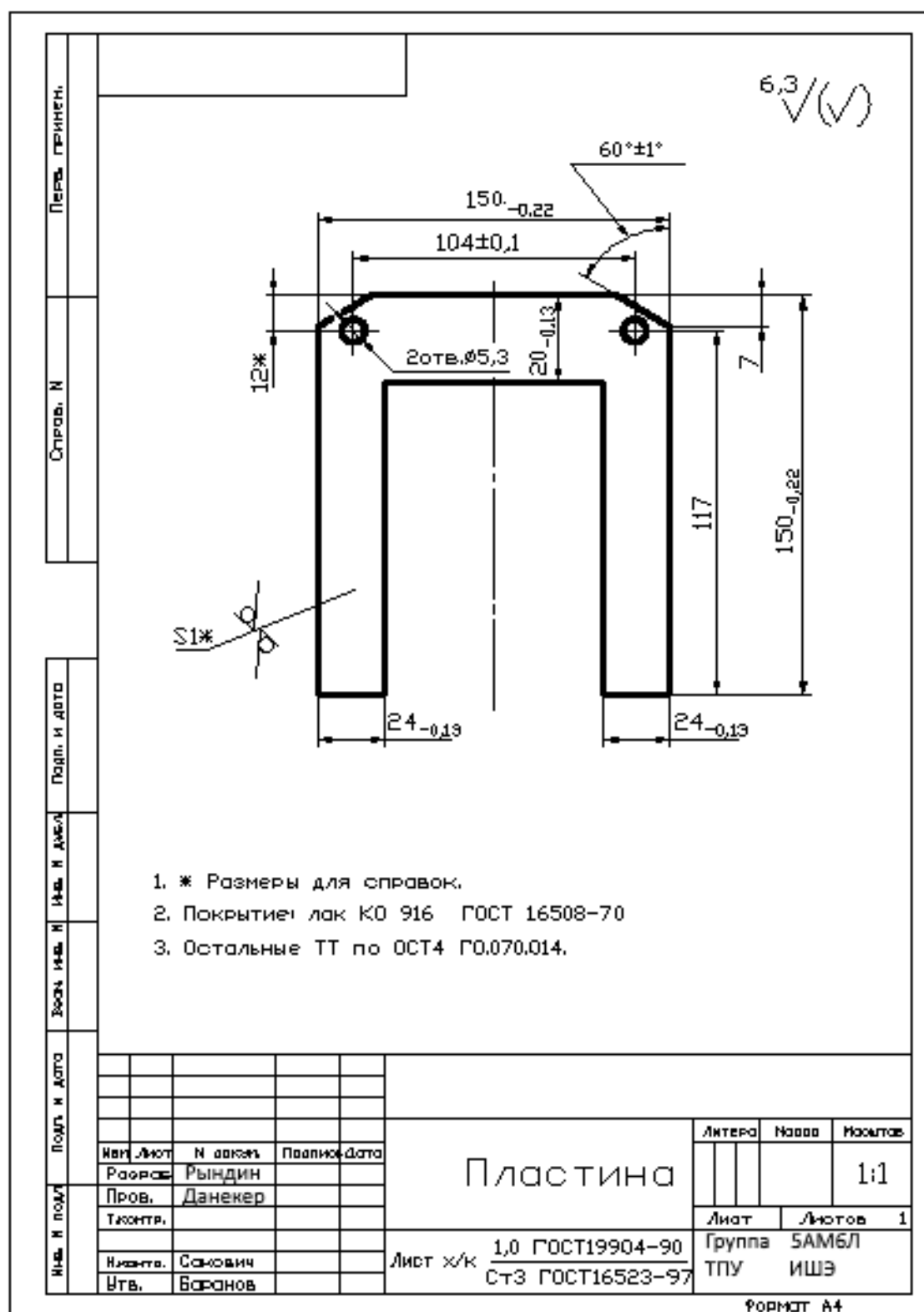
d, мм	5,0*	5,5*
Кол-во	4	4

1. * Размеры для справок.
 2. Остальные ТТ по ОСТ4 Г0.070.014.

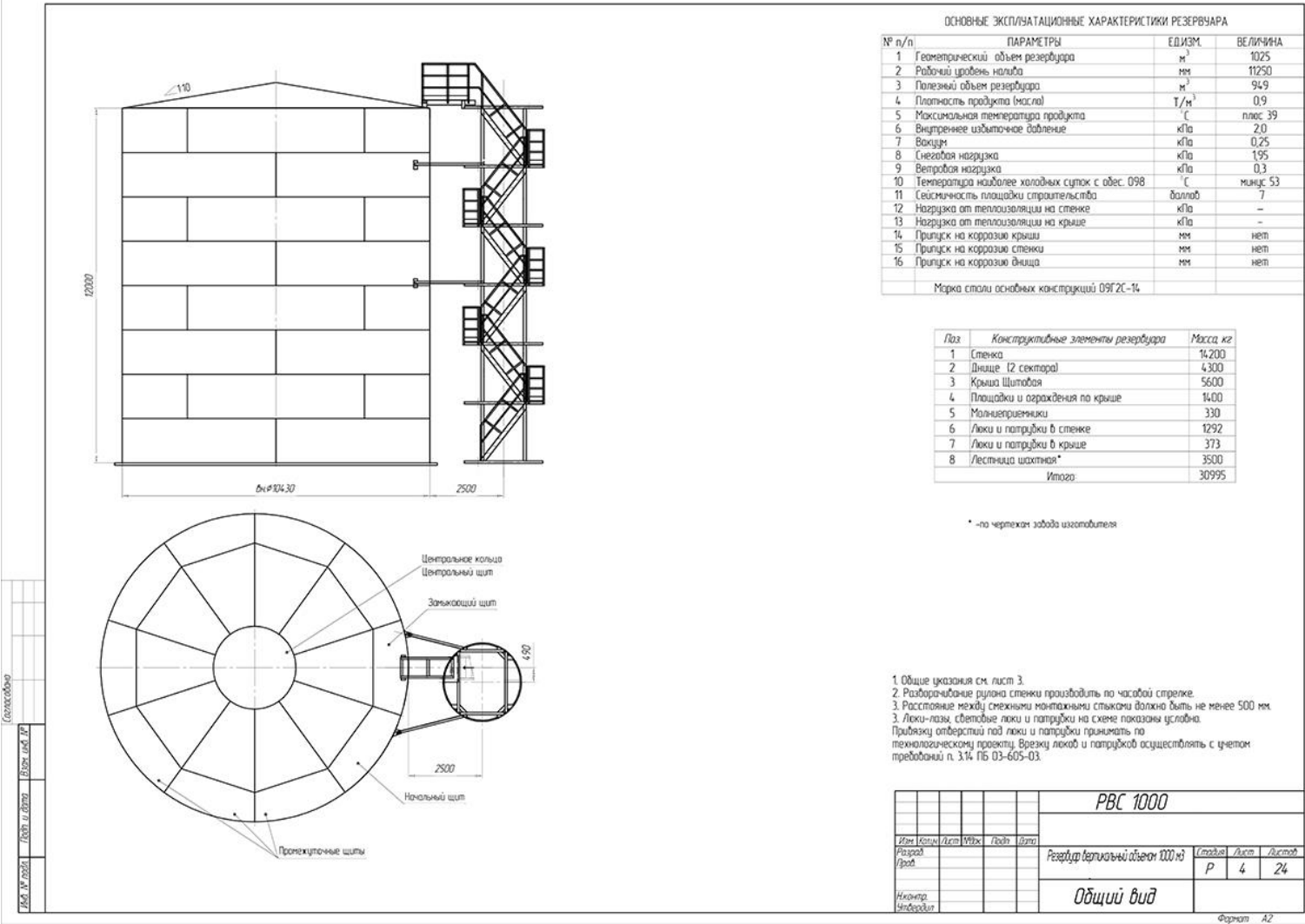
ДАН 001.004

Пружина	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; font-size: 10px;">Листов</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; font-size: 10px;">Издок</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; font-size: 10px;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 30px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 30px;"></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; font-size: 16px; font-weight: bold;">М2:1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; font-size: 10px;">Лист</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; font-size: 10px;">Листов 1</td> </tr> </table>	Листов	Издок	Масштаб			М2:1	Лист	Листов 1	
Листов	Издок	Масштаб								
		М2:1								
Лист	Листов 1									
Проволка пружинная	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border: 1px solid black; font-size: 10px;">Группа</td> <td style="width: 50%; border: 1px solid black; font-size: 10px;">5АМ6Л</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; font-size: 10px;">ТПУ</td> <td style="border: 1px solid black; font-size: 10px;">ИШЭ</td> </tr> </table>	Группа	5АМ6Л	ТПУ	ИШЭ					
Группа	5АМ6Л									
ТПУ	ИШЭ									

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Electromagnetic installation of oil activation by a mini-oil refinery

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Шабуров Денис Федорович		

Консультант ЭПЭО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данекер В.А.	с.н.с		

Консультант – лингвист ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Соколова Эльвира Яковлевна			

Introduction

Fluid is a substance in the liquid aggregate state, enlarged the intermediate position between the solid and the gaseous states. The main property of the fluid, which distinguishes it from substances in other aggregate states, is the ability to change the shape unrestrictedly under the pressure of mechanical stresses, even arbitrarily small, while practically preserving the volume.

The liquid state is generally considered to be intermediate between the solid and the gas: the gas does not retain the volume or shape, and the solid body retains both. The shape of the liquid bodies may be wholly or partly determined by the fact that their surface behaves like an elastic membrane. Well, the water can be packed in a drop. But the fluid is capable of leaking even under its stationary surface, and that also means not saving the shape (the interior parts of the liquid body). Fluid molecules do not have a definite position, but at the same time they do not have complete freedom of movement. There is an attraction, strong enough, to keep them close.

The substance in the liquid state exists at a certain temperature interval below which it enters into a solid state, higher in gaseous (evaporative). The boundaries of this interval depend on the pressure. As a rule, the substance in the liquid state has only one modification.

Liquids play an important role in many processes. The features of fluids are largely determined by their properties. The properties of liquids can be natural or specially created. A variety of devices are used for the latter, based on the use of various physico-chemical effects.

Condition of fluids

In general, liquids are harder to describe than gases (in which interactions between particles are simple collisions) and solids, in which particles stay mostly still in an organized arrangement. So we will only describe some properties here. Certain properties of liquids also depend on the intermolecular forces, like the viscosity and surface tension. These roughly describe the shapes liquids take when poured, or as droplets, etc.

Viscosity

Viscosity means how thick or sticky a liquid is. For instance, water pours easily and quickly, so it is pretty low viscosity. Honey is a thick, sticky liquid that pours slowly, so it has higher viscosity. Viscosity depends on how easily the molecules can flow past each other. The smaller they are, and the weaker the forces between them, the easier they flow. If the molecules are big and flexible, they might be able to get a bit tangled together, and that could make them flow more slowly.

Surface Tension

Surface tension means how much the liquid wants to minimize its surface area. If the intermolecular forces are strong, then molecules would rather be inside the liquid where they have favorable intermolecular interactions instead of being on the surface. This could make the liquid pull itself into rounded shapes to make the surface area smaller. You've probably seen water do this, like on a non-stick pan, because water has strong hydrogen-bonds. In this case, they are called cohesive forces, which means forces that pull the material together. (A cohesive team is very close and works well together.) On the other hand, water can have good interactions with glass surfaces, so it doesn't mind so much spreading out on glass. In fact, the forces that make water stick to glass, called adhesive forces are bigger than the cohesive forces in water, which is why the water in a glass tube is higher around the edges.

In contrast, mercury doesn't spread out over glass, and in a glass tube, it is higher in the middle. This means that mercury has bigger cohesive forces than adhesive forces toward glass.

Miscibility

Miscibility is the ability of liquids to dissolve each other. Example of mixed liquids: water and ethyl alcohol, an example of non-miscible: water and liquid oil.

Thixotropic fluid

Thixotropy is the ability of a substance to reduce its viscosity with mechanical influence and to increase the viscosity at rest.

Some helium or fluids, which under normal conditions are thick (viscous), become fluid over time (less viscous) when shaking or other mechanical effects. In order to return to a more viscous state, they need a certain amount of time. Thixotropic fluid is a fluid that requires a finite amount of time to achieve equilibrium viscosity when the shear rate changes incrementally. Some thixotropic fluids return to helium state almost instantly, such as ketchup, and are called Pseudoplastichnymi liquids. Other liquids, such as yogurt, require much more time and can become an almost solid body. Many helium and colloid are thixotropic materials demonstrating a stable shape at peace but taking a liquid shape with mechanical effects. Some liquids have the reverse Thixotropy property: constant shear tension has for some time caused an increase in viscosity or even solidification. Constant shear stress can be applied by shaking or mixing. Liquids with this property are commonly referred to as rheological properties. They are not so widespread.

Examples in nature

Some clays are thixotropic-this property is very important in geotechnical and architectural design. Landslides, often committed, for example, on the cliffs around Lime-Regis and Dorset, as well as on the collapse of waste in Aberfale (Wales), are examples of this phenomenon. Similarly, lahar is the earth mass liquefied in the eruption of a volcano that quickly hardens in a state of peace.

Drilling solutions used in geotechnical works can be thixotropic. Bee Honey can also exhibit this property under certain conditions (Heather Med).

Some of the clay deposits found in the course of the study of the Caves show thixotropy: The coastal slime, initially seemingly solid. These clays have been de-ferred in the past by slow streams that leave little residue.

Thixotropic fluid is easiest to observe by presenting a paddle in a mass of clays. Exerting pressure on the paddle often leads to increased viscosity thixotropic mass on the side of the blade, and reduction of the viscosity of the mass on the side of the blade on which little pressure is exerted. The flow from the high pressure side to the low pressure of the paddle is called the non-Newtonian (i.e. the speed of the

fluid is not proportional to the square root of the pressure differential on the oars paddle).

Methods and technologies for changing the properties of liquids

In its main areas of economic and social development, it is envisaged to further strengthen country's mineral and raw material base, improve efficiency and prepare for the development of found mineral resources. [2].

However, in the last two decades Russia has seen deterioration in the quality and quantity of the oil commodity base. This is due to the restructuring and decreasing oil reserves, which is largely due to the considerable production of many highly productive fields. Therefore, there is a need to low small deposits and deposits with difficult stocks.

Oil-binding resources are of particular interest. In addition, the high viscous oil has a unique chemical composition and is a valuable commodity for the petrochemical industry.

There are many ways to influence the properties of liquids, which can be categorized as thermal, mechanical, and chemical.

The thermal method is to change the temperature of the fluid, which enables it to change its flow properties, but this is generally not always acceptable, as the volume of fluid can be large and much time and energy can be spent on it.

Different additives are added to the fluid, the substances in the interaction with which the fluid changes its properties in the chemical method. Chemical reactions are not instantaneous and may take a long time. Moreover, the production of chemical reagents is costly. This technology is sometimes used in the oil industry to reduce viscosity.

There are installations that use mechanical energy to change the flow characteristics of liquids. Such installations do not consume large amounts of energy, are not expensive and have sufficient performance.

As noted earlier, all liquids have been divided into two classes: Newtonian and non-Newtonian. Newtonian fluid is a viscous fluid that is bound in its current viscous friction law, i.e. the tangent voltage and the velocity gradient are linearly

dependent. The coefficient of proportionality between these values is known as viscosity. For Newtonian fluid, the viscosity, by definition, depends only on the temperature and pressure (as well as the chemical composition if the fluid is not fluid) and is independent of the forces acting on it. In simple terms, this means that the fluid continues to operate regardless of the forces acting on it. For example, water is Newtonian fluid because it continues to show the properties of the fluid, regardless of the mixing speed. Also, all liquids include light oil products, oil with low paraffin content, waxy oil at high temperatures.

When a fluid is heterogeneous, for example, it consists of large molecules that make up complex spatial structures, the viscosity depends on the gradient of velocity when it is over. These liquids are called thinning non-Newtonian. Non-Newtonian liquids are not amenable to the laws of conventional liquids, these liquids change their density and viscosity with physical force, not only mechanical effects, but even sonic waves. If you act mechanically on a conventional fluid, the more you affect it, the more the shift is between the planes of the fluid, in other words, the more pressure on the fluid, the faster it will flow and change its shape. If you influence the-fluid with the mechanical effort, we'll have a completely different effect, the fluid will start to accept the properties of the solids and behave like a solid body, the relationship between the molecules of the fluid will intensify with the increase in force on it, and in the following, we'll be physically handicapped to move the layers of these liquids.

The flow properties of the highly viscous and high pour point oil (viscosity, shear stress, temperature of the freeze) which have a direct influence on their transport through pipelines are largely dependent on the component composition.

In addition to the three main classes of hydrocarbons (paraffin, naphthene and aromatic), almost always oil is contained in large quantities of resin and asphaltene.

The presence of petroleum paraffin results in lowering the temperature to the slow and the appearance of variety properties. Paraffin wax crystals form a spatial structural grid of the coagulative type. The structural grid Immobilizuet the liquid

phase, and oil acquires the properties of the type systems. Further decreasing temperatures result in a total loss of mobility-"freeze" of oil. With the increase in oil paraffin content, its flow properties are deteriorating, and the structure process is shifting towards higher temperatures.

It should be noted that the high viscous waxy oil of oil persist all fluids in a wide range of temperatures. Waxy oil has abnormal viscosity at relatively high temperatures.

It is evident that the task is to find and develop methods, technologies and equipment to effectively influence such oil in order to reduce the characteristics of viscosity and shear stresses in view of the above described characteristics of the viscous and viscous oil. This circumstance is a current the liquids having tiksotropny properties.

Technology VSMA

Vsma technology is a patented method of multi-component physico-chemical effects on complex liquid systems used to change their rheological properties and obtain the required parameters. Your vibrator The electromagnetic activation is designed to activate (mixing, thinning down, dispergation) petroleum products containing paraffins, asphaltene, etc., and other highly viscous liquids with thixotropic properties.

The Tomsk Polytechnic University have developed an original technology vibro flow magnetic activation of liquid environments (VSMA) and a VSMA device for processing variety liquids. Modulated vibration, as a factor of destruction, and turbulizing of the flooded sprays, are active factors influencing fluids, as a factor in the complex factor of destruction and the increase in the volume of the last-dominated activation.

The basis for constructs of various VSMA devices is the unit module, which is a electromechanical device with a wide range of frequency and supply voltage values. The unique combination of activation factors in one device and the high unit performance are achieved by the original constructs of individual module nodes.

The original design of the working bodies of the VSMA equipment ensures that the fluid streams in the environment are closed, which in turn create the conditions for multiple parts of the fluid to be hit in the activation zone. The use of VSMA equipment to activate natural Sapropel is accompanied, first, by the Dispergirovani of the original material and, secondly, by some changes in its chemical composition.

The lipid Sapropel complex is diverse in the chemical composition of bio publications logically active compounds. The most interesting are the fat Publicationsic acid, which is in the natural organic raw material in a free and connected state. The high efficiency of the use of physical effects allows you to control lipids and obtain products with the specified properties.

The creation of a multifunctional electromagnetic reactor type allowed for the highly concentrated (pasta) and diluted (extracts) of the slurry in the aquatic environment.

The most developed direction for the efficient use of VSMA technology is the application of the GSP for the treatment of the highly viscous oil to prepare them for transport by significantly reducing the viscosity. The resulting reduction in oil viscosity in the processing of VSMA devices is observed in a wide temperature range.

Intensive work has begun on the creation of industrial devices to handle various multi-component liquid systems in order to obtain the required performance since the first half of the 1990s.

The need to establish laboratory facilities is due, first, to the large volume of research and search activities and, secondly, and most importantly, to the analytical work that is one of the initial stages in determining the technological parameters for the use of industrial devices.

VSMA with a certain energy as a result of the destruction of crystallization structures may lead to a strong change in the structural and viscosity properties of the oil.

From the point of view of the vibration theory, this system consists of structure elements (anchor, elastic Element) and the load elements of the liquid environment.

The load elements are: attached mass of the environment, which varies in the anchored phase and depends on the density of the fluid; The elasticity of the variety liquids in the light of the small shift speeds is added to the elasticity vibrator by changing the resonance frequency of the system. In the case of large shift speeds, the fluid structure that determines its elasticity is broken and the effective viscosity of the fluid decreases.

The device is based on the principle of resonance. Amplitudes and resonance frequencies depend on the density and viscosity of the environment, so the frequency characteristics are significantly different. Therefore, the task of creating effective vsma devices is to properly match the active features of the vibrator: the Mass and dimensions of the activator, the activation area geometry; The severity of the activator, together providing the maximum amplitudes of the Activator.

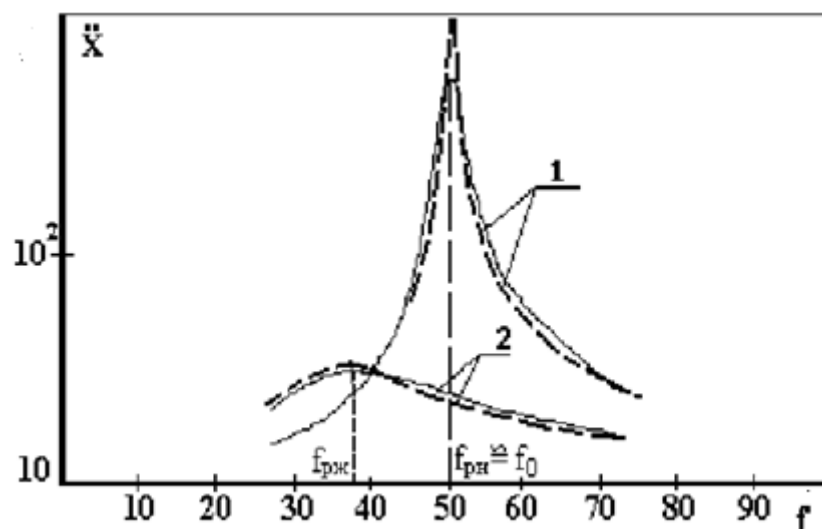


Figure - A.1 - Frequency characteristics of the Activator's vibration

1-frequency characteristic of the activator's fluctuations in the air.

2-frequency characteristic of the activator's vibrations in the water.

The Vsma equipment samples are available. It has certain advantages. However, the task is to increase processing performance. Performance depends on the flow of the fluid being processed, which in turn depends on the amplitude of the activator's vibrations. The amplitude of the activator's oscillations in the fluid is largely determined by the amount of hydraulic resistance that depends on the shape and size of the activator for the case in question. Therefore, it is suggested that you

investigate the performance dependency of device activation V_{sma} depending on the slush nozzle. In existing equipment samples, the v_{sma} slush nozzle defining fanning is trapezoidal. It is clear that the trapezoidal of the nozzle is eddy formation fluid in the passages, which affects the increase of the hydraulic resistance. The increase in the hydraulic resistance reduces the amplitude of the activator, and thus reduces processing performance. From the sources it is known that the Laval or venturi nozzle is recommended to reduce the hydraulic resistance of narrow fluid through the slush nozzle. These nozzles are characterized by smooth transitions of individual plots, significantly reducing the hydraulic resistance of the fluid.

Design the installation

The composition of the installation, the purpose of the main elements

There is a laboratory installation that has been in use for more than 12 years at present moment. Numerous experiments have revealed a number of shortcomings in this facility that affect the results of research. It was decided to improve mobility and convenience. We need to prevent fluids from flowing as the flow is directed up. The ditch used was one liter, and it was executed together with the electromagnetic drive, which, after every experiment, required careful clean-up of the ditch, which increased the time of the investigation. An option with a removable ditch more practical. The increase in the volume of the liquid filling the ditch will contribute to the improvement of the results obtained from the laboratory installation, the performance data, the industrial installations.

Thus, the planned laboratory installation shall have a multiple of a ditch of at least ten liter.

Among the ways in which vibrations are implemented, the most promising (compared to kinematic or dynamic) in terms of reliability and control are, respectively, the power to arouse vibrations through electromagnetic vibration motor.

The way of the lab installation works. One of the ditches filled with the liquid being investigated is connected to the lab installation. On the electromagnetic vibration motor, an AC voltage is provided for the power input device through the diode. When a diode is emitted, one half of AC voltage on the coils of the electromagnetic

power is leaked through the current, the activator-triggered by the electromagnetic force is drawn through the bulkheads to the magnetic core, the springs are deformed. In this case, the fluid under the activator is compressed and pushed through a circular hole in the direction of the shell, forming a stream. Center location removes the low pressure zone at the center of the base slab, which is limited to the inner diameter of the trapezoidal hole, reducing the whirlpool.

When the diode does not allow the current, the electromagnetic force is not leaking, the EMC is zero, the triggering plate is under the elasticity of the spring from the partitions, and the next volume of the process fluid flows under the activator. If the AC voltage is constantly provided on the coils of the electromagnetic vibration motor, the activator is oscillating, forming a constant flow of fluid, thereby activating it. The voltage frequency of the alternating current shall be the same as that of the activator plate in the fluid.

Lab Installation Device

The general view of the laboratory installation is shown in Figure A.2. In order to ensure the speed of experimentation with various liquids, as noted earlier, the liquid ditch shall be removable and the number equal to the number of liquids studied simultaneously. For the lab installation you are developing, accept the ditch quantity equal to three. Experience with the existing installation has shown that the amount of fluid being processed is one liter not sufficient for the objectiveness of the dissemination of results to industrial devices, and for high productivity. However, the results show that the volume of ditches equal to or greater than 10 litres would be sufficient to make practical recommendations. So we accept a ditch volume of ten liters. The general view of the ditch is shown in Figure A.3.

Given that the principle of laboratory operation is based on the vibration effect, the ditch must be massive. Securely attached to the lab installation. The ditch must provide simple and easy turnover. In the proposed installation, a rotating device, electromagnet, with lever and activator, is shifted to allow them to be placed inside the liquid.

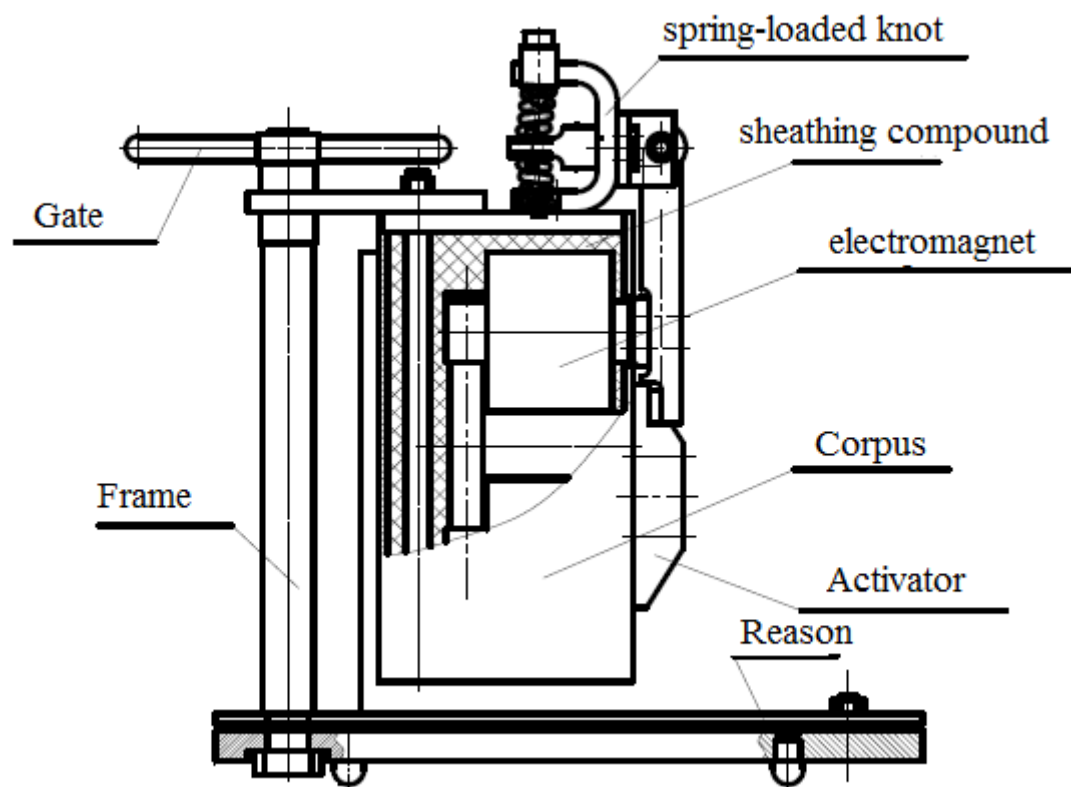


Figure – A.2 - General type of laboratory installation

The installation frame is made of a metal corner. The frame is pinned to a massive base. A turntable is located at the top of the frame.

The device also assumes a 10-litre removable ditch. The ditch is shown in Figure A.3. The shift is a special turntable that allows quick replacement. This reduces the time spent on the various substances. After the liquid is processed, the ditch is sent to the laboratory for further investigation. After we have replaced, we can experiment with other liquids.

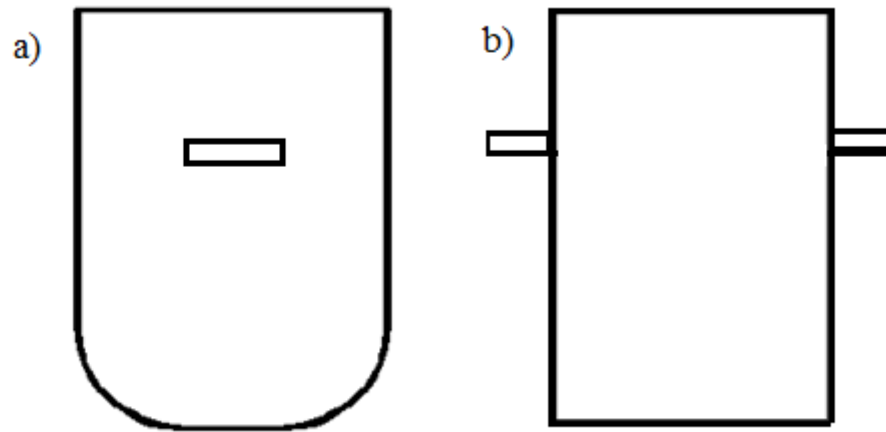


Figure - A.3 - ditch: (a) side view, (b) front view

One of the main parts of the lab installation is the oscillation knot. It is anchored to a turntable that is located at the top of the lab installation frame. The structure of the oscillation node consists of springs, lever, bracket, and the activator plate, which is performed as a cone disk with a circular hole. In the event of a failure of the springs, the indiscriminate vibrations of the small amplitude activators, accompanied by a sharp deterioration in the fanning, occur. The reasons for the failure of springs are the disruption of their integrity (formation of cracks) and, as a result, their loss of necessary elasticities. The deterioration of fanning is recorded visually. In the case of a sharp deterioration, the fanning replace the defective springs with the correct coils from the kit.

The backbone of the electromagnetic vibration motor is solenoid magnet, which is attached to the mounting frame and consists of magnetic and two coils that are connected sequentially. The slab is mounted in front of the electromagnetic poles, doing work with its own frequency equal to the frequency of the electromagnetic vibration motor.

Work Module

The vibroacoustic treatment module (VMO) is the main part of the vibro activator for the laboratory installation of rheology fluids and conducts direct vibro flow magnetic Impact on liquid environment.

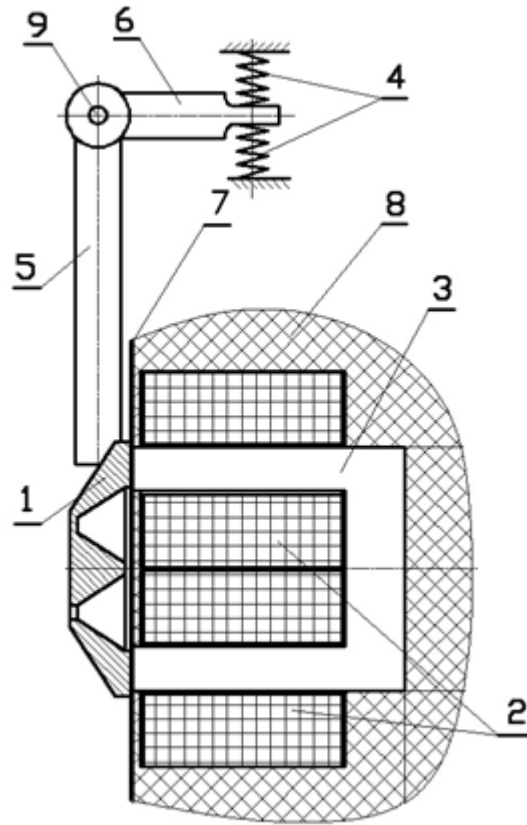


Figure – A.4 - Structure VMO

1-chassis; 2-electromagnet; 3-activator; 4-bracket; 5-lever; 6-Elasticity (Spring); 7-input device; 8-regulator screw; 9-VMO Wall.

The VMO Corps (1) is designed to accommodate the electromagnetic (2) in a volume isolated from the effects of the processing environment. Therefore, the hull shall be leakproof. The interior of the hull, which is not engaged in electromagnetic (2), is compounded, to provide a better heatsink with a electrical winding electromagnetic (2).

Electromagnet (2) is designed to create a disturbing force in the oscillatory system. Electromagnet (2) is tightly connected to the hull (1), so in this design the oscillation is committed by the Activator (3), which is the electromagnetic anchor (2). The electromagnetic core (2) has been completed from the electrical sheets as a U-shaped form in the package. Both bars in the hub have the same coils. The Activator (3) was executed from a solid workpiece. The Activator (3) can be a round or square shape. The body of the Activator (3) performed a special trapezoid hole to

form the flooded jet. The Activator (3) fixed on the long arm of the lever (5). The attachment of movable elements of the VMO to the enclosure (1) is carried out using a bracket (4).

The return force of the oscillatory system VMO forms elasticity (6) representing the cylindrical springs.

The adjusting screw (8) is designed to adjust the initial gap between the activator and the VMO.

VMO, a oscillatory system, operates in resonance mode, which allows, with minimal energy costs, as much as possible to render effect on the laboratory installation . This is due to the fact that in resonance, the amplitude of the activator's fluctuations is the maximum. The resonance mode is provided by a certain ratio of the mass of the oscillating elements and the stiffness of the spring. The source data to determine the spring stiffness value is the mass of the activator.

Develop individual installation sites

The activator is the main part of the lab installation. It is pinned to the chassis using adjustable anchorage nodes and springs at a specified distance from the wall of the ditch adjacent to the poles of magnetic. The activator is fitted with special openings through which the oil product or other liquid environment in the space between the activator and the shell is through them, forming flooded jets.

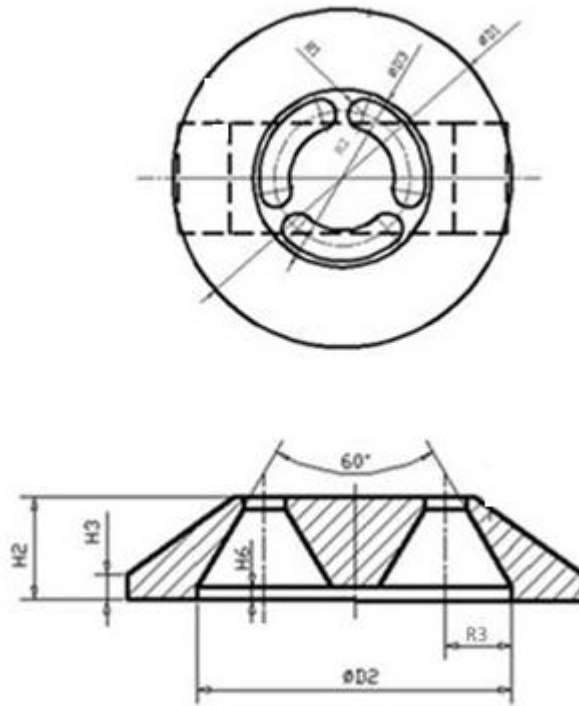


Figure - A.5 - is the general appearance of the Activator.

Oscillation knot

The structure of the oscillation knot is shown in Figure A.6. A electromagnet consisting of a U-shaped core that was drawn from electrical plates was 0.35 mm thick and wound winding with a number of coils equal to 1000. The core magnetic is located in the superstructure of a laboratory. The anchor of this electromagnetic is the activator.

AC power is given to the electromagnetic system by the variable voltage and frequency. By force of electromagnetic attraction caused by the electromagnetic block of surface grinding, the Activator (anchor) is attracted at certain points in time. Oil or other liquid environment in the space between the activator and the shell, which is pushed through the special form's holes in the activators in the direction of the wall, form flooded jets. During the time when the power of the electromagnetic attraction is absent, the activator, under the force of elastic deflection of springs, departs from the shell walls. At the same time, the flooded jets do not form.

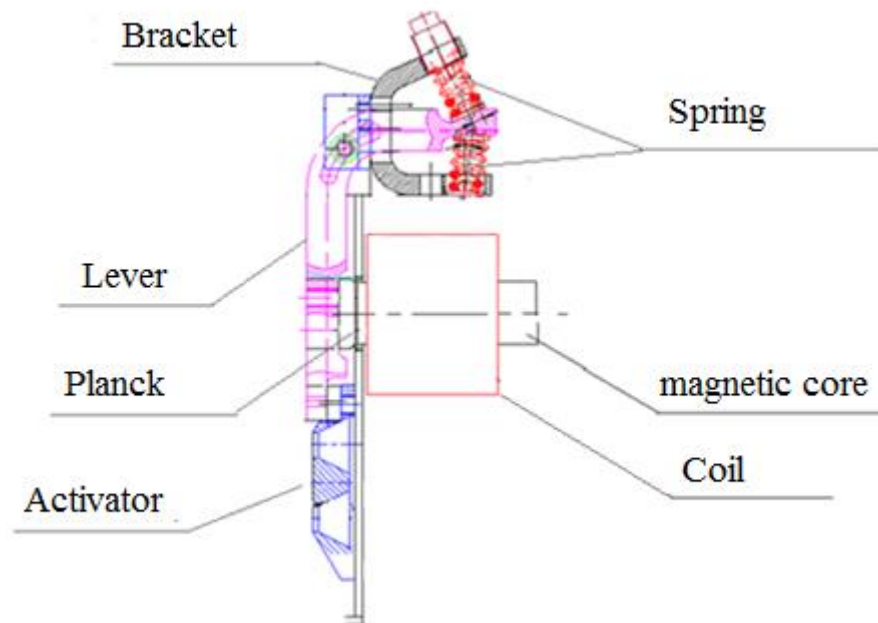


Figure - A.6 - Oscillation knot design

Features of exploitation

Noise is one of the most common adverse factors in the production environment. The sound and noise sources are vibrating solids. The main production processes with noise are riveting, stamping, aircraft engines testing, working on loom-ing machines, etc. With regard to the effects of noise on the body, it should be born in mind that it has both private and general effects. More pulse, breathing, increasing arterial pressure, changing the motor and secretory functions of the stomach and other organs. Noise on the nervous system is adversely affected, causing headaches, insomnia, decreasing attention, retardation of mental reactions, which ultimately leads to lower health.

When Vsma, consider the vibration and noise settings that are generated by the installation. In the case where the amount of vibration and noise in the workplace exceeds the standard, silencers, flexible inserts, dampers, etc. should be applied to the noise level created by the installation in the workplace should be in accordance with GOST 12.1.003-83.

Vibration of the installation may affect the degree of comfort and efficiency and, in some cases, its health and safety. The GOST 12.1.012-2004 established that

the products should be designed and constructed so that the risk resulting from the vibrations they create is minimized, and in cases where, despite the measures taken, it is not possible to completely avoid the harmful effects of vibration, the manufacturer must inform the potential consumer. It is also established that the technical documents on the potentially vibration motor must define the characteristic of the vibration machine being produced. This standard focuses on how to measure these characteristics for self-propelled vehicles.

The basic requirement is to provide the maximum amplitude of the vibrations in a lab installation, as it will have maximum performance and maximum operational effect.

The basic parameters of the laboratory installation are formulated and defined on the basis of experience with the laboratory installation of the previous version: the dimensions of the activator and the removable ditch, the nozzle shape, the electrical and mechanical characteristics of the electric power.

References:

1. Thixotropy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thixotropy> (дата обращения: 21.05.2017).
2. Ryzhov G.L. Physical processing of natural organic raw materials and the production of functional destinations // Raw materials chemistry. - 2007. - № 2. - С. 115-116.
3. Liquids [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem.libretexts.org> (дата обращения: 21.05.2017);

4. Bekishev R.F. Pilot studies on the management of the vibrational electromagnetic activator in different environments // Technique of Science. - 2005. - № 4. - C.109-112.

5. Daneker V.A. The basics of vibro flow magnetic activation of liquid environments // Technique of Science. - 2000. - № 5. -C. 302-304.